

x-technik ADDITIVE FERTIGUNG

3D Printing • Cladding • EBM • FDM • SLA • SLM • SLS ...

Das Fachmagazin für Rapid Prototyping, - Tooling, - Manufacturing



Rechtliches

Dr. Andreas Leupold, Rechtsanwalt. Was Unternehmen über die rechtlichen Aspekte der Additiven Fertigung wissen müssen.

72



Leichtbau

Wie man mithilfe der Additiven Fertigung flexible Leichtbaukonzepte in der Automobilindustrie umsetzen kann.

12



Bauteilreinigung

Mit dem Bauprozess alleine ist es nicht getan. Wie SLM-Bauteile schnell und sicher automatisiert gereinigt werden können.

42

28

Kostenreduktion

im Sondermaschinenbau

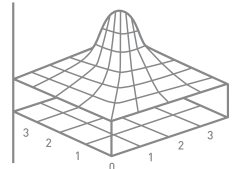


Future Manufacturing Now



mosttech
Die meiste Technik
www.mosttech.at

SLM
SOLUTIONS



Mehr als nur Fertigung



Georg Schöpf

Chefredakteur
georg.schoepf@x-technik.com

Ein Jahr ist vorüber seit Erscheinen unserer Erstausgabe. Gelegenheit, eine erste Zwischenbilanz zu ziehen.

Zunächst einmal möchte ich mich für das äußerst positive Feedback bedanken. Sowohl seitens der Hersteller, Dienstleister als auch Anwender bekommen wir Rückmeldungen, die uns darin bestärken, das Magazin weiter auszubauen und mit Leben zu füllen. Es freut uns, dass wir bereits einen aktiven Beitrag leisten konnten, um Unternehmen auf ihrem Weg in die Additive Fertigung zu begleiten.

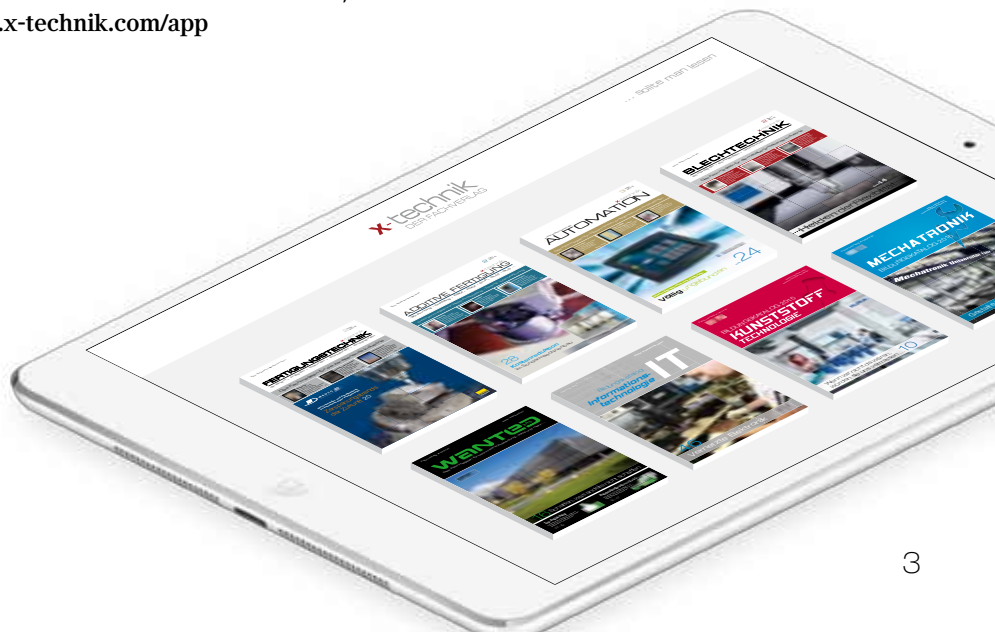
Im vergangenen Jahr haben wir gelernt, dass es nicht genügt, sich auf die eigentliche generative Fertigung zu beschränken, sondern auch die begleitenden Themen näher zu betrachten. Beginnend bei der Generierung der erforderlichen Daten, über die Simulation und Optimierung von Geometrien bis hin zur Nachbehandlung additiv hergestellter Bauteile. Das Feld, das es zu bearbeiten gilt, ist breit und weitgehend unberührt. Erst langsam rücken diese Nebendisziplinen ins Bewusstsein der Anwender. So ist es bei Weitem nicht damit getan, sich eine Maschine für die Additive Fertigung anzuschaffen.

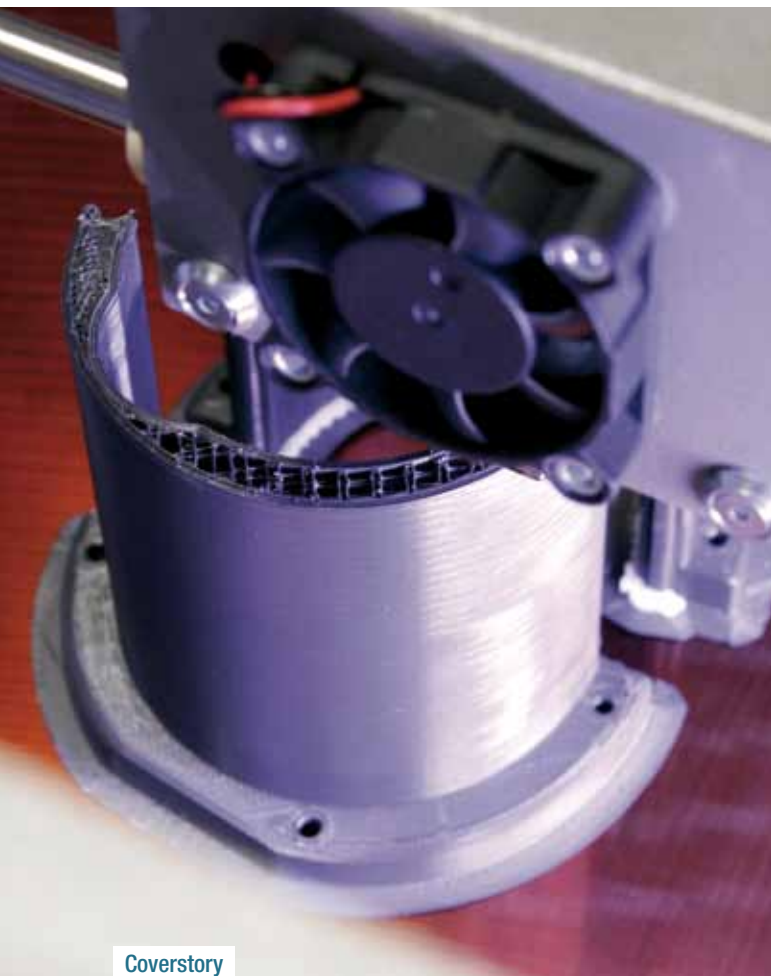
Beginnend beim erforderlichen Know-how-Aufbau bis hin zu passenden Softwarelösungen und notwendigem Equipment für Reinigung, thermische Nachbehandlung und Finish von hergestellten Teilen sind viele neue Facetten im Gesamtprozess zu beachten.

Grund genug, auch diesen Themen im Fachmagazin Additive Fertigung Beachtung zu schenken. So ist es unser Ziel, im Laufe der Zeit das gesamte Spektrum rund um die Additive Fertigung zu beleuchten und einen Einblick in die Lösungen und Systeme zu geben, die dazu beitragen, auch im Bereich der generativen Fertigung wirtschaftlich und effizient arbeiten zu können. Wir freuen uns über Anregungen und Hinweise, die es uns ermöglichen, aus unserem Fachmagazin ein Kompendium für die Additive Fertigung werden zu lassen. Also: Seien Sie dabei!

PS: Zukunftsfähig zu sein, ist auch für unseren Verlag ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Mit der x-technik-App (für iOS und Android, Smartphones und Tablets) stellen wir alle unsere Ausgaben zusätzlich in digitaler Form zur Verfügung. Kostenlos versteht sich – mit zusätzlichen, interaktiven Inhalten wie Videos, Bildergalerien, Links zu Produkten, Herstellern und Anwendern etc.

Einfach mal herunterladen und testen ;) www.x-technik.com/app





Coverstory

Kostenreduktion durch Additive Fertigung im Sondermaschinenbau 28



Automobilleichtbau

Hochdruckreaktoren für die Prozessindustrie 12



Ersatzteilherstellung

Schnelle Hilfe bei fehlenden Teilen 24

AKTUELLES 6 – 11

- 6 FKM setzt auf Concept Laser
- 6 Kegelmann mit neuem Geschäftsbereich Metall-3D-Druck
- 8 3. Austrian 3D-Printing Forum
- 9 Mit dem Fachmagazin Additive Fertigung auf die formnext
- 10 Praxis und Theorie verbinden – Rapid.Tech Erfurt
- 10 AMX präsentiert sich
- 11 Dienstleister in der Schweiz – Die Irap AG

AUS DER PRAXIS 12 – 27

- 12 NextGen Spaceframe verbindet Leichtbau und Flexibilität – [Reportage](#)
- 16 Additive Bauteile laufen wie geschmiert – [Reportage](#)
- 18 Mit Fused Filament Fabrication zu großen Teilen – [Reportage](#)
- 22 Eine alte Zivilisation plastisch dargestellt
- 24 Schnelle Hilfe bei fehlenden Teilen – [Reportage](#)

MASCHINEN UND LÖSUNGEN 28 – 44

- 28 Kostenreduktion durch AF im Sondermaschinenbau – [Reportage](#)
- 32 Schnell und flexibel mit optimierter LMD-Technologie
- 34 Umfassende Qualitätsüberwachung bei SLM-Maschinen

- 36 Wenns groß werden muss – Großraum-FDM-Maschine
- 38 Wärmebehandlung in der Additiven Fertigung
- 40 Additive Designprozesse erlebbar gemacht – [Messeauftritt](#)
- 42 Automatisierte Reinigungskabinen für SLM-Bauteile

Dienstleister 45 – 51

- 45 Vorkammerbuchsen für optimale Kühlung
- 46 Gussformen werden nicht mehr gebaut, sondern gedruckt – [Reportage](#)
- 48 25 Jahre Rapid Prototyping – [Firmenportrait](#)

MATERIALIEN 52 – 57

- 52 Es kommt drauf an ... – [Leitartikel zum Materialüberblick](#)
- 55 Materialüberblick Kunststoffe für BJ, FDM und AKF
- 56 Materialvielfalt: Schlüssel zur additiven Serienfertigung – [Gastkommentar](#)

SOFTWARE 58 – 63

- 58 Simulation ist mehr als Software
- 62 DMLS Prozessmodellierung und Validierung – [Gastkommentar](#)



Qualitätsüberwachung

Laser Power Monitoring und Melt Pool Monitoring

34



Pioniere

25 Jahre Rapid Prototyping

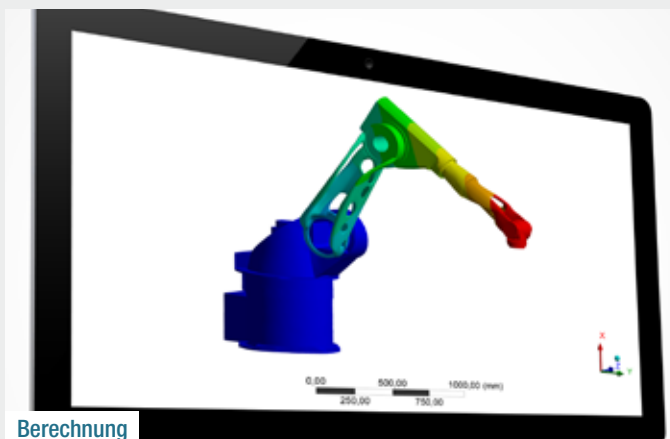
48



Bauteilreinigung

Automatisierte Reinigungskabine für SLM-Bauteile

42



Berechnung

Simulation ist mehr als Software

58

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG 64 – 69

- 64 Simulationswerkzeuge für die Additive Fertigung – [Gastkommentar](#)
- 66 Additive Simulation – Kongressnachlese
- 69 Add+it 2016 – Ankündigung Fachsymposium

NORMEN UND RICHTLINIEN 70 – 74

- 70 Arbeitssicherheit beim Betrieb von Laserschmelzanlagen – [Gastkommentar](#)
- 72 Was jedes Unternehmen wissen muss – [Gastkommentar](#)

NACHGEFRAGT

- 37 Wenns groß werden muss – [Nachgefragt](#)
Stefan Hampel, Geschäftsführer
der Hage Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG



- 56 Materialvielfalt als Schlüssel
zur additiven Serienfertigung – [Gastkommentar](#)
Markus Kaltenbrunner, Geschäftsführer EVO-tech GmbH



- 62 DMLS Prozessmodellierung und Validierung – [Gastkommentar](#)
Dr. Mustafa Megahed, Manager of CFD & Multiphysics
Center of Excellence



- 64 Simulationswerkzeuge für die Additive Fertigung – [Gastkommentar](#)
Dipl.-Phys. Johannes Weirather,
Abteilungsleiter am iwv der TU München
DI Christian Seidel, Abteilungsleiter beim Fraunhofer IGC



- 70 Arbeitssicherheit beim Betrieb von SLM-Anlagen – [Gastkommentar](#)
DI Christian Seidel, Vorsitzender des VDI-Fachausschusses



- 72 Was jedes Unternehmen wissen muss – [Gastkommentar](#)
Dr. Andreas Leupold, Rechtsanwalt, Leupold Legal



STANDARDS: 3 Editorial, 75 Firmenverzeichnis | Impressum | Vorschau

FKM setzt auf Concept Laser

FKM ist einer der größten Anbieter von generativ hergestellten Produkten in Europa. Zurzeit werden auch die 3D-Metalldruckkapazitäten perspektivisch ausgebaut. Dabei setzt das Unternehmen auf die Maschinenlösungen von Concept Laser und orderte mehrere Maschinen aus dem mittleren und großen Bauraumsegment.

„Der Markt entwickelt sich derzeit in Richtung einer Serienfertigung von metallischen 3D-Produkten. Neben klassischen Kleinserien und Prototypen treten nun industrielle Fertigungslosgrößen mit ausgeprägtem Seriencharakter hervor. Mit dem strategischen Ausbau der 3D-Druckkapazitäten wollen wir einerseits sehr flexibel auf ansteigende Bedarfszahlen reagieren und andererseits auch bei den ansteigenden Dimensionen der Produkte mitmischen“, erklärt Harald Henkel, Geschäftsführer der FKM Sintertechnik GmbH.

Zum Maschinenpark von FKM zählen neben Modellen verschiedener Anbieter die Modelle Mlab cusing und M2 cusing von Concept Laser – und seit Herbst letzten Jahres noch eine neue M2 cusing Multi-



Das Maschinendesign der neuen M2 cusing Multilaser von Concept Laser unterstreicht nicht nur äußerlich die Weiterentwicklung der Anlagentechnik – sie ist auch mit einem neuen Filterkonzept ausgestattet. Dabei vergrößert sich die Filterfläche um den Faktor 5. Der wasserflutbare Filter gewährleistet darüber hinaus den sicheren Umgang beim Filterwechsel.

laser. Für 2016 wurden eine weitere M2 cusing Multilaser und eine X line 2000R bestellt.

Geschlossene Lösung

Die neue M2 cusing Multilaser präsentiert sich in einem neuen und modernen Gewand. Doch neben der neuen Optik weist die Maschine auch eine vollintegrierte Bauweise auf – d. h., es gibt keine „Satellitenlösungen“ mehr für Laserquel-

le und Filtertechnik. Diese geschlossene Lösung bietet dem Anwender Vorteile bei der Zugänglichkeit der Anlagenkomponenten und beim geringeren Flächenbedarf. Die neue X line 2000R von Concept Laser hingegen bietet mit 800 x 400 x 500 mm³ (L x B x H) den derzeit größten Bauraum weltweit – mit hohen Aufbaugeschwindigkeiten unter Einsatz der Multilaser-technik.

■ www.concept-laser.de



Frank Cremer, im Bild rechts, gilt als ein „Urgestein“ des Rapid Prototyping und Additive Manufacturing und ist einer der beiden Geschäftsführer der Kegelmann Manufacturing GmbH & Co. KG. – Kai Kegelmann, MSc Wirtschaftsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Maschinenbau, ist der andere.

Kegelmann mit neuem Geschäftsbereich

Mit einer neu gegründeten Tochtergesellschaft erweitert Kegelmann Technik die Möglichkeiten der Additiven Fertigung in Richtung Metall und Serienproduktion.

Mit 1. Mai 2016 wurde die Kegelmann Manufacturing GmbH & Co. KG gegründet. Mit ihren Dienstleistungen erweitert

die neue Gesellschaft das Technologie- und Lösungsportfolio der Kegelmann Technik Unternehmungen in Bezug auf Serienproduktion und Metall-3D-Druck, das Selective Laser Melting. Die Bandbreite innovativer Fertigungsverfahren unter einem Dach wird damit noch umfangreicher. „Nachdem wir erst vor wenigen Wo-

chen in eine Sinterstation SPRO 140 SLS für Kunststoffe investiert haben, bieten wir in der neuen Gesellschaft zukünftig Serienqualität ab Losgröße 1 auch in Metall“, sagt Stephan Kegelmann, Geschäftsführer der Kegelmann Technik GmbH.

■ www.ktechnik.de

3D laser metal FUSION



Wir drucken Ihre Metallteile in 3-D



Ob geometrisch komplexe Teile, Einzelteile oder kleine Serien: mit der LMF-Technologie werden mit Hilfe eines Lasers und metallischem Pulver Schicht für Schicht beliebige Bauteile aufgebaut. TRUMPF vereint als weltweit einziger Hersteller alle relevanten Lasertechnologien für die additive Fertigung von Metallteilen unter einem Dach und bietet somit alles aus einer Hand: ein Komplettpaket aus Laserstrahlquelle, Maschine, Pulver, Serviceleistung und Applikationsberatung

<http://www.at.trumpf.com/?94136>



Mit 200 Teilnehmern aus Industrie und Forschung war das 3D-Printing Forum bestens besucht.

3. Austrian **3D-Printing** Forum

Das 3. Austrian 3D-Printing Forum ist am 10. Mai 2016 mit 200 Teilnehmenden aus der Industrie und Forschung erfolgreich über die Bühne gegangen. Das Jahresforum für generative Fertigung gab einen spannenden Einblick in die vielfältigen Anwendungsbereiche, von der Additiven Fertigung über generatives Design bis hin zu den Chancen und Grenzen durch den Einsatz von 3D-Druck.

Von den Teilnehmenden wurden die praxisnahen Einblicke und der vielfältige Überblick über den „Stand der Technik“ als sehr positiv empfunden. Zudem ist es gelungen, ein Programm für Einsteiger als auch für Nutzer und Anwender zu gestalten.

Die Teilnehmenden profitierten von inspirierenden Keynote-Vorträgen und erfolgreichen Best-Practice Beispielen. Im Pa-

rallelprogramm standen industrielle und medizintechnische Anwendungen sowie aus den zwei weiteren Programmpunkten Arbeitssicherheit & Recht und Forschung & Topologieoptimierung zur Auswahl. Zu den Vortragenden zählten Experten aus folgenden Unternehmen: Airbus Operations, GE Healthcare, FIT Production, fotec, ESA, Drawn, FHW Franz Haas Waffelmaschinen, hasenauer & hesser, Payer International Technologies, TU Wien und

TU Berlin. Parallel zum Programm fand die Sonderschau 3D-Printing statt, diese wurde vor allem in den Pausen rege besucht und gab exzellente Möglichkeiten zum fachlichen Austausch. Mit dabei waren u. a. BIBUS, fotec, FIT AG, Canon Austria, 3Dee Store, addmanu, FH OÖ, z-prototyping, 1zu1 Prototypen, ecoplus, Westcam, The Cool Tool und WKNÖ.

■ www.3d-printing-forum.at



links Dr. Johannes Homa, CEO der Lithoz GmbH, ist technisch Verantwortlicher für die Veranstaltung.

rechts In deren begleitenden Fachausstellungen konnten sich die Teilnehmer über aktuelle Produkte und Leistungen informieren.



**Entdecken Sie Ihre Welt
gänzlich neu:
Neue Konstruktionen,
neue Prozesse,
neue Geschäftsmodelle**



Additive Fertigung ist für uns mehr als das Anwenden von Prototyping-Verfahren auf die Serienproduktion. Sie eröffnet auf allen Ebenen der Produktentwicklung und Produktion neue Möglichkeiten.

Wir haben vor zwanzig Jahren das Potential von Rapid Prototyping für uns entdeckt. Heute gehören wir zu den führenden Unternehmen in Europa. Und wir sind bereit, Sie beim nächsten Schritt zu begleiten, ins Rapid Manufacturing.

Erfahren Sie mehr über uns und unser Rapid Manufacturing unter www.1zu1.eu

pro1otypen

**rapid prototyping
rapid tooling
rapid manufacturing**

1zu1 Prototypen GmbH & Co KG, Dornbirn, Österreich

Mit dem Fachmagazin **Additive Fertigung** auf die formnext

Sie möchten auf der formnext vertreten sein? Ein eigener Stand ist aber nicht vorgesehen? Nutzen Sie das Angebot eines Gemeinschaftsstandes.

Der Fachverlag x-technik bietet Ihnen in Kooperation mit der Nafems die Möglichkeit, auf der formnext auszustellen. Wir bieten ein großzügiges, offenes Standkonzept mit gemeinsamen Besprechungsbereichen.

Paralleles Forum:

Mit Vorträgen und Präsentationen zu:

- Simulation
- Entwicklung
- Dienstleistung

Details auf Anfrage unter messe@x-technik.com

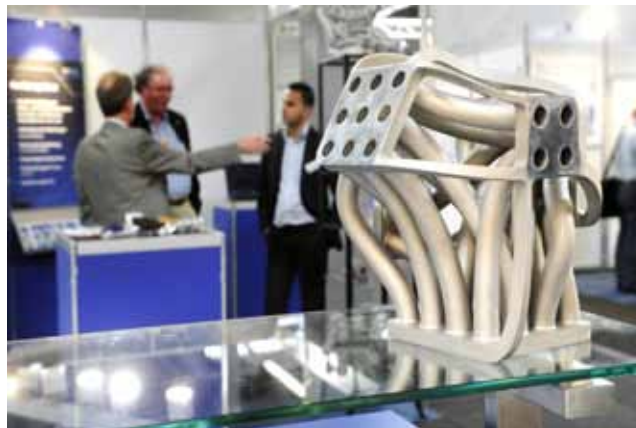
- www.additive-fertigung.at
- www.nafems.org
- www.x-technik.com



Praxis und Theorie verbinden

Die Fachmesse und Anwendertagung Rapid.Tech richtet sich gezielt an Anwender und Entwickler generativer Fertigungstechnologien. Mit Teilnehmern aus über 20 Ländern ist sie eine der wichtigsten europäischen Informationsveranstaltungen. Bestandteil der Rapid.Tech ist ein hochkarätiger Kongress mit Anwendertagung für neue Technologien sowie Fachforen zu den Themen Wissenschaft, Werkzeuge, Luftfahrt und Medizintechnik.

Flankiert wird die Rapid.Tech seit 2013 von der FabCon 3.D, die sich an Interessenten außerhalb der klassischen Industrien richtet. Sie ist Treffpunkt für kreative Start-Ups als auch für Experten und Branchen-Größen der 3D-Druck Community. Das Erfurter Messedoppel Rapid.Tech und FabCon 3.D steuert 2016 zum wiederholten Male auf eine Rekordbeteiligung zu. Die Messeleitung erwartet vom 14. bis 16. Juni rund 160 Aussteller aus zehn Ländern. „Die Verlängerung unserer Laufzeit auf drei Tage veranlasst viele Unternehmen, ihre Standflächen deutlich zu vergrößern und mehr Maschinen auszustellen“, so Erfurts



Die Rapid.Tech stellt eine der wichtigsten Informationsveranstaltungen im Bereich der generativen Fertigungsverfahren dar. Vom 14. bis 16. Juni bietet die Rapid.Tech als Anwendertagung mit begleitender Fachmesse eine Plattform des Wissensaustausches zwischen Forschern, Entwicklern, Konstrukteuren und Anwendern.

Messegeschäftsführer Wieland Kniffka. Mit den vier neuen Fachforen „Additive Lohnfertigung“, „3D Metal Printing“, „Automobilindustrie“ und „Elektronik“ trägt die Messe Erfurt den neuesten Entwicklungen auf dem Themenfeld der generativen Fertigung Rechnung. Wie gewohnt bieten die Fachforen „Wissenschaft“, „Werkzeuge“, „Luftfahrt“, „Medizintechnik“, „Zahntechnik“ und „Konstruktion“ sowie die Anwen-

dertagung spezielle Plattformen für den Informationsaustausch zwischen Fachleuten der Branche und die Präsentation neuer Anwendungen und Produkte.

Termin	14. – 16. Juni 2016
Ort	Erfurt
Link	www.rapidtech.de



links Die Grundlage der AM Expo ist das addAM concept. Das Herzstück des Messekonzepts sind die Showcases von Ausstellern. Dies sind konkrete Anwendungsbeispiele, die zeigen, wie die verschiedenen additiven Fertigungsverfahren oder Materialien lohnend eingesetzt werden können.

rechts Mit dem Showcase Finder auf der AMX-Website kann der Besucher vor der AM Expo die auf seine Bedürfnisse zugeschnittenen Anwendungen und Fertigungstechnologien finden und schließlich mit den entsprechenden Ausstellern einen Termin auf der Messe vereinbaren.

AMX präsentiert sich

Die Additive Fertigung hat sich von einem Hype zu einer erfolgreichen Produktionstechnologie entwickelt. Sie gewinnt im industriellen Umfeld immer mehr an Bedeutung und Unternehmen sehen sich mit der Frage konfrontiert, welchen Nutzen sie aus der Additiven Fertigung ziehen können. Antworten darauf gibt es an der AM Expo, die am 20. und 21. September 2016 in der Messe Luzern stattfindet.

Die AM Expo richtet sich an Branchen mit den größten AM-Potenzialen, wie die Medizintechnik, Industrie, Mobilität, Elektronik oder die Mikroelektronik und

konzentriert sich dabei hauptsächlich auf die Serienproduktion. Ziel der AM Expo ist es, den Nutzen der Additiven Fertigung auf innovative Art aufzuzeigen und Projektpartner zusammenzubringen.

Dies geschieht mithilfe der sogenannten Showcases. Das sind Anwendungsbeispiele, welche die AMX-Aussteller dem Fachpublikum präsentieren. Die Showcases der Aussteller sind bereits jetzt im Showcase Finder auf der AMX-Website verfügbar. Der Besucher kann also vor

der AM Expo die auf seine Bedürfnisse zugeschnittenen Anwendungen und Fertigungstechnologien finden und schließlich mit den entsprechenden Ausstellern einen Termin für die AM Expo vereinbaren. Der Showcase Finder ist für Entwickler, Konstrukteure und Einkäufer aus der Anwenderindustrie eine optimale Vorbereitung für den Messebesuch.

Termin	20. – 21. September 2016
Ort	Luzern
Link	www.am-expo.ch



links Flachsauer zur Reinigung von mehrschichtigen, 10 bis 20 µm dicken Computerchips.

rechts SLS-Teile aus Polypropylen: Das von der inspire und Irpd AG entwickelte iCoPP schließt eine große Lücke im Materialportfolio der SLS-Verarbeitung.

Dienstleister in der Schweiz

Flexibilität und Kosteneffizienz in der Entwicklung sind zentrale Wettbewerbsfaktoren. Die Irpd AG ist führend in Methoden und Technologien, die zur Reduktion der Entwicklungszeit neuer Produkte führen. Der Einsatz und die Weiterentwicklung additiver Fertigungsverfahren, sogenannter Layer Manufacturing Technologies, gehören zu den Irpd-Kernkompetenzen.

Im Juni 2015 gründete die inspire AG zusammen mit der United Grinding Group das Joint-Venture Irpd. Das Unternehmen

ist auf additive Fertigungsverfahren wie etwa laserbasierte Verfahren und 3D-Druck spezialisiert. Fokus des Joint Venture ist es, zukunftsweisende Produktionsverfahren weiterzuentwickeln und dabei weiterhin von aktuellen Forschungsergebnissen zu profitieren.

Die Irpd AG mit Sitz in St. Gallen (Schweiz) konzentriert sich auf die Herstellung von industriellen Metall- oder Kunststoff-Prototypen bis hin zur Fertigung von

(Klein-)Serien komplexer Werkstücke als Dienstleistung für Kunden. Schwerpunkt sind dabei additive Fertigungsverfahren, insbesondere Selective Laser Sintering (SLS), Selective Laser Melting (SLM) und 3D-Druck. Irpd bietet darüber hinaus individuelle Technologie- und Prozessberatung, Reverse Engineering, Scanning und Dienstleistungen rund um Design und Produktion komplexer Bauteile.

■ www.irpd.ch

34. CADFEM ANSYS SIMULATION CONFERENCE

Die Fachkonferenz zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung
5.–7. Oktober 2016, Nürnberg

Vom 5.–7. Oktober 2016 dreht sich in Nürnberg alles um den aktuellen Stand der Simulationstechnologie und die ANSYS Programmfamilie. Wir laden Sie herzlich ein, sich an einem, zwei oder drei Tagen persönlich ein Bild zu machen, wie Sie mit erstklassigen Simulationswerkzeugen Ihre Produktentwicklungsprozesse zielgerichtet optimieren können. Stellen Sie sich aus rund 200 Fachvorträgen und Kompaktseminaren selbst Ihr individuelles Informationspaket zusammen und tauschen Sie sich aus Gleichgesinnten.

Schwerpunkte 2016 u. a.:

Simulation und

- ▶ **additive Fertigungsverfahren**
- ▶ **Energieeffizienz**
- ▶ **Turbomaschinen**
- ▶ **Parameteridentifikation:**
Von schätzen zu wissen

CADFEM®

ANSYS®

www.simulation-conference.com

Das von Edag auf dem Genfer Autosalon im März 2015 sowie auf der Internationalen Automobilausstellung IAA im September 2015 in Frankfurt präsentierte Concept Car „Edag Light Cocoon“ ist ein visionärer Ansatz eines kompakten Sportwagens mit einer umfassend bionisch optimierten und generativ gefertigten Fahrzeugstruktur, die mit einer Außenhaut aus wetterbeständigem Textil und variablem Lichtdesign kombiniert wird. (Bildquelle: Edag)



NextGen Spaceframe

verbindet Leichtbau und Flexibilität

Automobilhersteller sind aktuell gefordert, die zunehmende Anzahl an Antriebskonzepten und Energiespeichersystemen in Fahrzeugstrukturen zu integrieren. Die Karosserien von morgen, speziell im Hinblick auf alternative Antriebssysteme in variantenintensiven Kleinserien, müssen nicht nur leichter, sondern vor allem hochflexibel konzipiert werden. Die Folge ist eine steigende Anzahl an Fahrzeugderivaten, die nach anpassungsfähigen und wirtschaftlich zu fertigenden Karosseriekonzepten verlangen. Die Additive Fertigung könnte in absehbarer Zeit ganz neue Wege offerieren, wie das Technologiebeispiel der funktionsintegrierten, bionisch optimierten Fahrzeugleichtbau-Struktur in flexibler Fertigung von den Unternehmen Edag, BLM, LZN und Concept Laser zeigt.

Das Edag Concept Car „Light Cocoon“ ist ein kompakter Sportwagen mit einer bionisch gestalteten und generativ hergestellten Fahrzeugstruktur, überzogen mit einer Außenhaut aus wetterbeständigem Textil. Der Edag Light Cocoon wurde im März 2015 auf dem Genfer Autosalon und im September 2015 auf der Internationalen Automobilausstellung IAA in Frankfurt präsentiert – und soll aus Designersicht polarisieren und bestehende Denkmuster in der Fahrzeugkonzeption aufbrechen: Die Karosseriestruktur greift bionische Muster auf und überführt sie in eine leichte Karosseriestruktur. Ein Concept Car, das nachhaltige Wege aufzeigt und gleichzeitig das technologische Potenzial der Additiven Fertigung verkörpert.

Technologiebeispiel NextGen Spaceframe

In einem Gemeinschaftsprojekt zeigten die Edag Engineering GmbH in Wiesbaden (D), die Laser Zentrum Nord GmbH in Hamburg (D), die Concept Laser GmbH in Lichtenfels (D) und die BLM Group in Cantù (IT) mit dem bionisch optimierten, hybrid gefertigten Spaceframe eine neue Perspektive auf, wie ein wandelbares und flexibel zu fertigendes Karosseriekon-



Technologiebeispiel NextGen Spaceframe: funktionsintegrierte, bionisch optimierte Fahrzeugleichtbaustruktur in flexibler Fertigung. Das bionisch optimierte, generativ-hybrid gefertigte Space-Frame-Konzept zeigt eine neue Perspektive auf, wie ein wandelbares und extrem flexibles Produktionskonzept für laststufengerecht ausgelegte Karosserien realisiert werden könnte. (Bildquelle: Edag)



zept realisiert werden kann, um die zunehmende Fahrzeugvarianz durch die Vielzahl von Antriebsvarianten und Laststufen beherrschbar zu machen. Kombiniert werden generativ hergestellte Karosserieknoten und intelligent bearbeitete Profile. Die Knoten können dank generativer Fertigung hochflexibel

und multifunktional gestaltet werden, um z. B. unterschiedliche Fahrzeugvarianten ohne zusätzliche Werkzeug-, Betriebsmittel- und Anlaufkosten „on demand“ produzieren zu können. Als Verbindungselemente dienen Profile aus Stahl. Auch diese können durch unterschiedliche Wandstärken und →

Hintergrundinfos zu den Gemeinschaftsprojektanten Concept Laser, Edag, LZN und BLM

Die Concept Laser GmbH zählt wie kaum ein anderes Unternehmen zu den Pionieren und wesentlichen Impulsgebern des pulverbettbasierten Laserschmelzens mit Metallen. Technologietreiber ist dabei das patentierte LaserCusing®-Verfahren – auch 3D-Metalldruck genannt – das seit über 15 Jahren die Additive Fertigung von 3D-Bauteilen von einer Rapid-Technologie zu einer industriellen Serienfertigung entwickelte.

Die Edag Engineering GmbH entwickelt als unabhängiger Entwicklungspartner der Automobilindustrie serienreife Lösungen für die Mobilität der Zukunft. Die Entwicklung von Fahrzeugen, Derivaten, Karosserien, Modulen und den Produktionsanlagen gehört ebenso zum Leistungsspektrum wie der Modell-, Prototypenbau und die Fertigung von Werkzeugen und Karosseriesystemen.

Als Kompetenzzentrum für Lasertechnologien versteht sich die Laser Zentrum Nord GmbH (LZN) als Bindeglied zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung. Die Forschungs-, Entwicklungs- sowie Beratungsaktivitäten umfassen die gesamte Prozesskette von der Machbarkeitsanalyse bis hin zum qualitätsgesicherten Bauteil. Die Bauteile werden aus Titan, Stahl, Edelstahl, Aluminium und Verbundwerkstoffen nach dem Leitmotiv „Engineering in Light – Photonic Solutions for Resource Efficient Products“ entwickelt bzw. optimiert und realisiert.

Die BLM Group sieht sich als weltweit führender Hersteller von Rohrbearbeitungs-Automatisierungssystemen für 2D- und 3D-Laserschneiden, Sägen, Biegen, Umformen und Messungen. In den Slogans „We are Tube“ und „All in One“ kommen BLM-Fachkenntnisse und die langjährige Erfahrung in der Fertigung von Rohrteilen zum Ausdruck. Das Ziel von BLM ist es, die Prozesse für Kunden aus allen Branchen einfach und kostengünstig zu gestalten.



Die NextGen Spaceframe Knoten können durch generative Fertigung hoch funktionsintegriert gestaltet werden. Verkettet wird die laseradditive Fertigung mit dem Profilieren sowie dem Biegen und der Endenbearbeitung von Profilen mittels Laser. Zugrunde liegt hierbei ein Laststufenkonzept mit jeweils punktgenau in der CAE ausgelegten Karosserievarianten und maßgeschneiderten, generativ gefertigten Knotenstrukturen. (Bildquelle: Edag)

Geometrien ganz individuell den vorgegebenen Laststufen angepasst werden.

Der NextGen Spaceframe im Detail

Beim NextGen Spaceframe handelt es sich um eine Kombination von generativ gefertigten 3D-Knoten und intelligent bearbeiteten Profilen aus Stahl. Die Knoten können vor Ort für die jeweilige Variante „Just in Sequence“ (JIS) hergestellt werden, ebenso wie die Profile, die zunächst durch 3D-Biegen und anschließend durch 2D- und 3D-Laserschneidverfahren in die gewünschte Form und Länge gebracht werden.

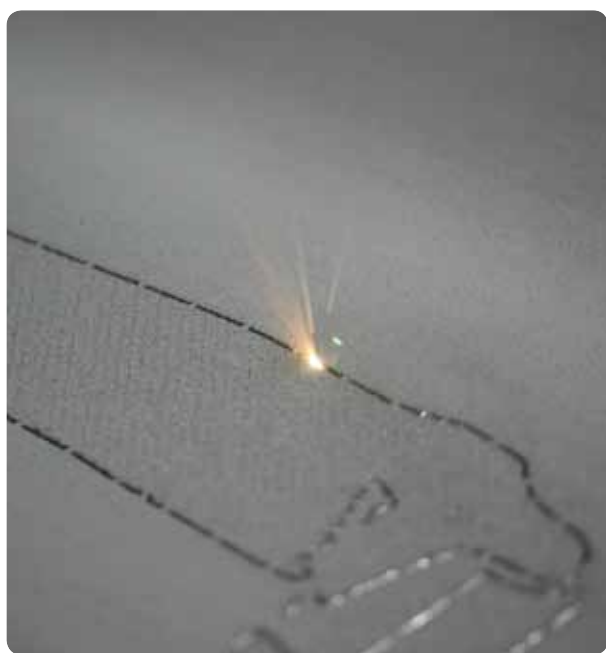
Im Fokus steht das Fügen einzelner Bauteile zu einer Hybridstruktur, um topologieoptimierte Strukturen herzustellen, wie sie aktuell noch nicht möglich sind. Zum Einsatz kommt das Laserschweißen, das sich durch filigrane Schweißnähte und geringe Wärmeeinbringung auszeichnet. Geschweißt werden die

Bauteile mittels Kehlnaht am Überlappstoß. Geometrische Grundlage dafür ist die komplett umlaufende Einschuhung der Profile, die durch 3D-Vermessung der Profile auch „on demand“ mittels Additiver Fertigung angefertigt wird. Diese Verbindung ermöglicht das umlaufende Schweißen für eine große Anbindungslänge bei einer gleichzeitig guten Vorpositionierung der Bauteile. Die Profile werden automatisch durch den Knoten ausgerichtet und fixiert. Genutzt wird ein Scheibenlaser mit robotergeführter Optik. Zudem sind die angewandten Lasertechniken zur Herstellung von Profilen und Knoten in der Montage hochgradig automatisierbar.

Das Konzept bietet in Bezug auf die Kostenstruktur der Fertigung und einer möglichen Zeiteinsparung hohe Potenziale. Die additiv gefertigten Knoten können entsprechend jeder Laststufe angepasst werden, z. B. durch zusätzliche versteifende Elemente bei hohen

Lastanforderungen. Damit wird jede Variante gewichts- und funktionsoptimal ausgeführt. Die Hybridbauweise überbrückt mit den Profilen die geforderten Distanzen der Struktur, während die Knoten zur Verbindung der Profile dienen. Beide Elemente wurden im CAE/CAD optimiert und erfüllen die Anforderungen einer Karosseriestruktur.

Im vorliegenden Fall übernahm die Edag Engineering GmbH neben der koordinierenden Funktion die Erarbeitung und Optimierung des Spaceframe-Konzeptes, die Laser Zentrum Nord GmbH das Laserschweißen, die BLM Group das 3D-Biegen und Laserschneiden und die Concept Laser GmbH die Additive Fertigung der Knoten. Nur das interdisziplinäre Zusammenspiel der sich ergänzenden Partner und die hohe Kompetenz der einzelnen Technologiespezialisten in ihren Fachdisziplinen erlaubte die erfolgreiche Umsetzung des Projektes.



oben Additive Herstellung der NextGen Spaceframe Knoten auf einer X line 1000R von Concept Laser (Bauraum: 630 x 400 x 500 mm³).
(Bildquelle: Concept Laser)

rechts Das Nachfolgemodell der X line 1000R, die X line 2000R von Concept Laser (Bauraum: 800 x 400 x 500 mm³), ausgestattet mit zwei Lasern à 1 kW.
(Bildquelle: Concept Laser)



Fertigung der additiv hergestellten NextGen Spaceframe Knoten

Der LaserCusing-Prozess von Concept Laser generiert Bauteile schichtweise direkt aus 3D-CAD-Daten. Die Methode erlaubt die Produktion von komplexen geometrischen Bauteilen ohne Werkzeug. Es können Bauteile erzeugt werden, die mit konventioneller Herstellung nur sehr schwer oder unmöglich zu fertigen sind. Bei dieser Konzeption können die Knoten im konventionellen Stahlguss nicht hergestellt werden. Um einen fehlerfreien Aufbau sicherstellen zu können, ist an Flächen mit einem Winkel $< 45^\circ$ zur Bauplattform eine Supportstruktur vorzusehen. Neben einer reinen Stützfunktion nimmt der Support vor allem Eigenspannungen auf und verhindert einen Verzug der Bauteile. Aufgrund der komplexen Knotengeometrie ist eine saubere Supportaufbereitung die Grundlage einer erfolgreichen Produktion. Nach der Supportaufbereitung wird

das Bauteil virtuell in einzelne Schichten geschnitten. Nach dem Datentransfer auf die LaserCusing-Anlage werden die entsprechenden Prozessparameter zugewiesen und der Bauprozess gestartet.

Gefertigt werden die Knoten auf einer X line 1000R-Anlage von Concept Laser, die den entsprechenden Bauraum (630 x 400 x 500 mm³) für solche Projekte aufweist und mit einem 1 kW-Laser arbeitet. Einen größeren Bauraum beim pulverbettbasierten Laserschmelzen mit Metallen weist nur die neue X line 2000R (800 x 400 x 500 mm³), ebenfalls von Concept Laser, auf, die zudem mit 2 x 1 kW-Lasern ausgestattet ist.

Fazit

Das Spaceframe-Konzept vereint die Vorteile der Additiven Fertigung wie Flexibilität und Leichtbaupotenzial mit der Wirtschaftlichkeit bewährter konventioneller Profilbauweisen. In bei-

den Technologien spielt der Laser die zentrale Rolle. Die topologieoptimierten Knoten ermöglichen einen derzeit maximalen Leichtbau und einen hohen Grad an Funktionsintegration. Sowohl die Knoten als auch die Profile können ohne Zusatzaufwand auf neue Geometrien und Lastanforderungen angepasst werden. Sie bieten so die Möglichkeit, jedes einzelne Teil laststufengerecht auszulegen, und nicht wie bisher, die Dimensionierung der Bauteile an der größten Motorisierung bzw. Laststufe auszurichten. Der Grundgedanke ist also eine Knoten-Profil-Bauweise, die optimal auf die Anforderung der Modellvariante abgestimmt werden kann. Das Ergebnis zeigt eine lastpfadoptimierte Spaceframe-Struktur. Durch den Einsatz vorrichtungs- und werkzeugarmer Verfahren können zukünftig alle Karosserievarianten wirtschaftlich und mit höchstmöglicher Flexibilität gefertigt werden.

■ www.concept-laser.de



Das Video
zum Freeformer

[www.additive-fertigung.at/
video/122370](http://www.additive-fertigung.at/video/122370)



Freeformer verarbeitet bei igus firmeneigene Hochleistungskunststoffe:

Additive Bauteile laufen wie geschmiert

Die Produktvielfalt von igus ist enorm: Rund 100.000 Varianten sind ab Lager verfügbar. Jedes Jahr entwickelt das Unternehmen 150 bis 250 Neuheiten. Mit dem Freeformer fertigt igus nun Funktionsbauteile und Prototypen additiv aus Standardgranulaten – vorwiegend aus firmeneigenen, schmiermittelfreien Tribowerkstoffen – und kooperiert dabei mit Arburg.

„Wir entwickeln Tribokunststoffe der Marke iglidur, die ohne externe Schmiermittel über gleitende Eigenschaften verfügen. Aus diesen Werkstoffen produzieren wir z. B. korrosionsbeständige und abriebfeste Gleitlager“, erklärt DI Tom Krause, der als Produktmanager bei igus in Köln die Additive Fertigung voranbringt. „Wir liefern ab 24 Stunden, bei Bedarf auch in Losgröße 1 – und das weltweit.“ Das Unternehmen hat rund 350 Spritzgießmaschinen im Betrieb und arbeitet mit Arburg in diesem Bereich bereits seit vielen Jahren zusammen. Die

Produktvielfalt, kundenspezifische Sonderlösungen in kleinen Stückzahlen sowie kurze Lebenszyklen sind prädestiniert dafür, als Ergänzung zum Spritzgießen die Additive Fertigung ins Unternehmen zu holen.

AKF seit 2015 erfolgreich im Einsatz

Bei igus sind mehrere Verfahren im Einsatz, seit Februar 2015 auch das Arburg Kunststoff-Freiformen (AKF). „Den größten Vorteil des Freeformers sehen wir darin, dass wir für Prototypen und Funktionsbauteile

unsere eigenen Hochleistungskunststoffe verwenden können“, betont Tom Krause. „Damit sind wir in der Lage, die Freiheit in der Konstruktion mit der Verschleißfestigkeit unserer tribologischen Werkstoffe zu kombinieren.“

Von den über 40 eigenen Materialien, die igus verwendet, sind drei speziell für die Additive Fertigung ausgelegt, weitere sollen folgen. Gerade mit dem Freeformer ist es prinzipiell möglich, die gleichen Kunststoffe zu verarbeiten wie beim Spritz-

Produktmanager Tom Krause bringt bei igus die Additive Fertigung voran. (Bild: igus)

gießen. Damit dies „reibungslos“ klappt, müssen die Werkstoffe zunächst qualifiziert werden. Dazu zählt z. B. das exakte Anpassen von Parametern wie Temperatur, Tropfenaustrag oder Schichthöhe an die spezifischen Eigenschaften des Werkstoffs.

Additiv gefertigtes Gleitlager so verschleißfest wie Spritzteil

„Der Freeformer verarbeitet derzeit vor allem das für industrielle Anwendungen geeignete ‚iglidur I180‘ und fertigt daraus additiv z. B. Gleitlager, Greifer und Zahnräder“, führt Tom Krause aus. „Unsere Tests ergaben, dass dieses Material rund fünfzig Mal abriebfester ist als herkömmliches ABS für den 3D-Druck. Ein aus dem Spritzgießwerkstoff ‚iglidur J260‘ additiv gefertigtes Gleitlager war im Testlabor sogar ebenso verschleißfest wie ein spritzgegossenes Teil aus dem gleichen Material.“

Generell bietet die Additive Fertigung im Vergleich zum Spritzgießen deutlich mehr Freiheit in der geometrischen Gestaltung. Bei der Neuentwicklung von Produkten direkt aus 3D-CAD-Daten lassen sich konstruktive Änderungen sofort umsetzen und die nächste Generation des Prototyps, De-



signmasters oder eines laufenden Produktes ohne Werkzeug schnell selbst herstellen.

igus bietet 3D-Druck-Service

Das ist ideal, um ein neues Produkt zunächst in der Praxis zu testen, bevor es in großen Stückzahlen spritzgegossen wird. Außerdem eignet sich das additive Verfahren auch für die Fertigung von Ersatzteilen. Seit dem Frühjahr 2015 geht igus noch einen Schritt weiter und bietet einen eigenen 3D-Druck-Service an. „Der Kunde lädt einfach seine 3D-CAD-Daten auf unsere Webseite hoch. Wir prüfen, ob seine Vorstellun-

gen machbar sind, erstellen ein Angebot und ‚drucken‘ das gewünschte Teil nach Bestellung aus unserem iglidur-Material“, erklärt Tom Krause. „Mit dem Freeformer können wir auch zwei verschiedene Komponenten verarbeiten. Damit realisieren wir z. B. mithilfe von Stützmaterial komplexe Geometrien oder fertigen ein Bauteil größtenteils aus herkömmlichem ABS und verwenden unseren abriebfesten Hochleistungskunststoff nur für die Gleitflächen.“

igus plant Schritt für Schritt weitere Spritzgießmaterialien „druckfähig“ zu machen. Besonders interessant für die Zukunft sind dabei für Tom Krause die iglidur Standardmaterialien oder auch Spezialisten wie z. B. leitfähige Werkstoffe und solche, die für die Lebensmittelindustrie zugelassen sind.

■ www.arburg.com



“ Mit dem Freeformer können wir auch zwei verschiedene Komponenten verarbeiten. Damit fertigen wir z. B. ein Bauteil größtenteils aus herkömmlichem ABS und verwenden unseren abriebfesten Hochleistungskunststoff nur für die Gleitflächen.

DI Tom Krause, Produktmanager, igus Köln



Der Freeformer produziert z. B. funktionsfähige Gleitlager (Bild: igus) ...

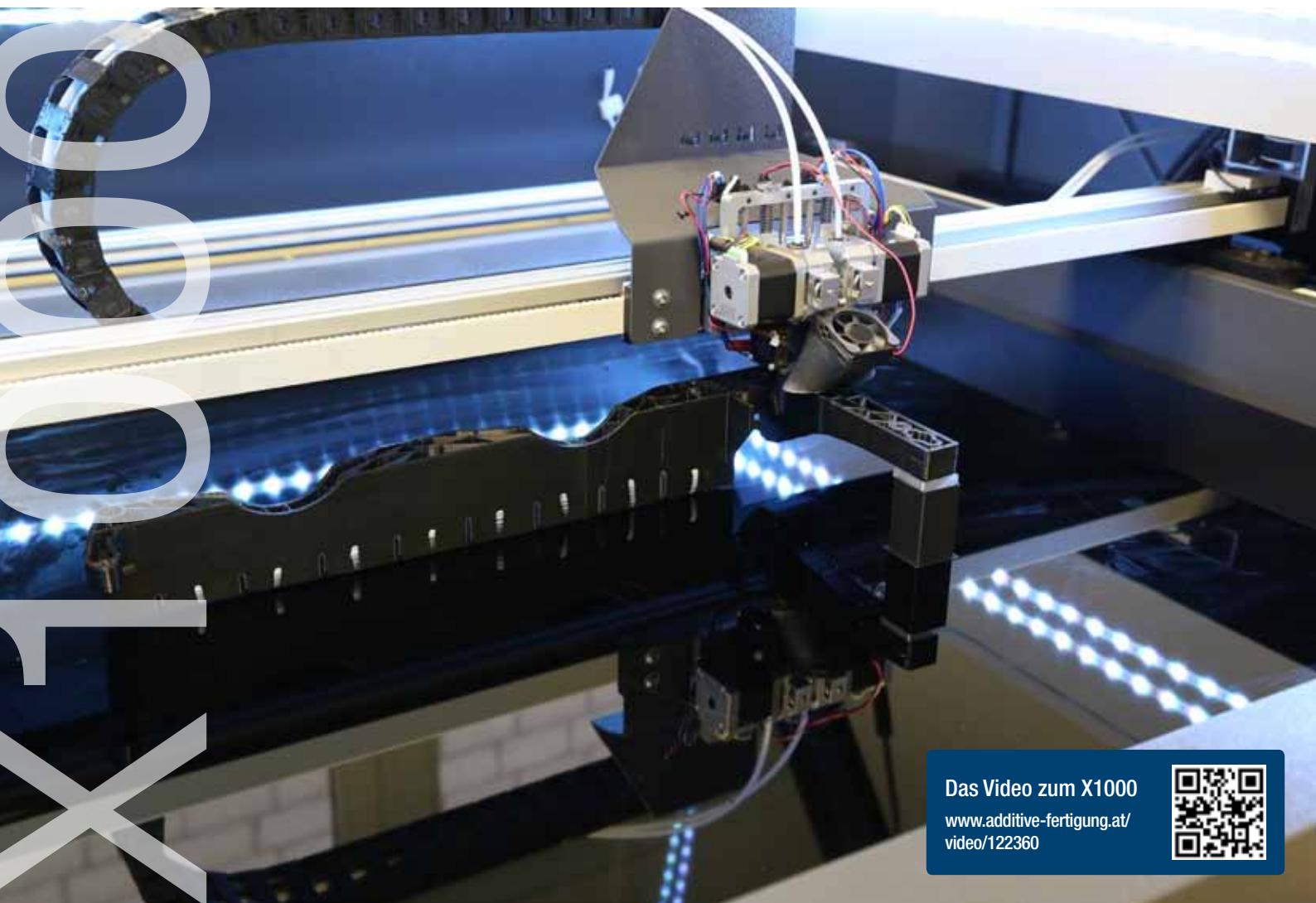


... und Zahnräder aus selbst entwickelten Materialien des Unternehmens. (Bild: Arburg).

Anwender

Keine Schmierung und Reduzierung von Wartungsarbeiten, dabei Kosten senken und die Lebensdauer erhöhen, alles ab Lager und schnell lieferbar – das ist die Kernidee und das Ziel aller igus-Produkte, -Systeme und -Services. 2.700 Mitarbeiter sind weltweit bei igus im Einsatz und erzielen einen Umsatz von EUR 469 Mio.

igus Polymer Innovation GmbH
Ort 55, A-4843 Ampflwang
Tel. +43 7675-4005-0
www.igus.at



Das Video zum X1000

[www.additive-fertigung.at/
video/122360](http://www.additive-fertigung.at/video/122360)



Mit Fused Filament Fabrication zu großen Teilen

Als Zulieferer für Interieur- und Exterieurkomponenten in der Automobilindustrie benötigt die Takata PlasTec GmbH regelmäßig Prototypen aus dem Zielwerkstoff der Serienteile. Um die Kreativität in der Entwicklung zu fördern und in der Prototypenherstellung kürzere Durchlaufzeiten zu erreichen, setzt man auf die neue X1000 Großraummaschine der German RepRap GmbH.

Autor: Georg Schöpf / x-technik

Die Takata PlasTec GmbH wurde 1986 als Fertigungswerk der Petri AG gegründet, gehört seit 2000 zur Takata AG und agiert seit 2006 als eigenständige Tochtergesellschaft. Seither vertreibt sie technische Kunststoffsysteme und sichert sich als Tier 1-Zulieferer für Automobil-OEMs – insbesondere für Türverkleidungen, Cockpits, Interieur und Exterieur-Zierteile – erhebliche Marktanteile. Neben dem großen Produktportfolio an Fahrzeugsicherheits-Komponenten – sowohl für Pkw als auch für Lkw –, das kontinuierlich erweitert und verbessert wird, liegt ein wesentlicher Unternehmensschwerpunkt in der Engineering-Kompetenz. „Für die erfolgreiche Realisation der individuellen

Kundenwünsche ist es von Vorteil, möglichst früh in die Prozesskette mit eingebunden zu sein. So kann ein hoher Grad der Individualisierung berücksichtigt und die Produktion unter optimalem Kosten-Nutzen-Effekt positiv beeinflusst werden. Dabei setzen wir auf eine möglichst große Eigenfertigungstiefe. Unsere Spezialität liegt bei besonders robusten und bei großen Teilen, für die auch entsprechend große Maschinen benötigt werden. Wir richten unser Augenmerk dabei auf die Entwicklung des gesamten Systems. Beispielsweise gesamte Türinnenverkleidungen oder Frontverkleidungen für namhafte Lkw-Hersteller, die häufig aus mehreren Komponenten bestehen“, so



links Der großzügige Arbeitsraum bietet Baudimensionen bis 1.000 x 800 x 600 mm³ (X/Y/Z).

oben Der X1000 ist durch seine robuste Bauweise und den abgeschlossenen Bauraum auch für den Betrieb in einer Produktionsumgebung geeignet. Sicherheitseinrichtungen, umfangreiches Filamentmagazin und einfache Bedienung über Touch-Panel machen ihn zur industrietauglichen Fertigungsmaschine.

Kevin Rogers, Manager Application Engineering bei PlasTec.

Einbauanforderungen berücksichtigen

„Die Herausforderung besteht für uns darin, dass wir schon sehr früh im Designprozess nach Lösungen suchen, die einen späteren Einbau begünstigen, ohne die vorgegebenen Design

vorgaben zu beeinträchtigen“, so Rogers weiter. Dabei werden häufig Prototypen benötigt um sowohl Einbauversuche, Bauraumuntersuchungen, Funktionsprüfungen und mechanische Tests durchzuführen. „Für uns ist es dabei wichtig, einen Prototyp zur Verfügung zu haben, der sich mechanisch sehr ähnlich verhält wie das Serienteil. Deshalb ist ein Prototyp am besten geeignet, der bereits aus dem →



Die Herstellung von Prototypen für kreative Lösungsansätze war der vornehmliche Auslöser für den Einstieg in die Additive Fertigung bei PlasTec. Hier: Kunststoffversion einer Trittstufe, die bislang aus Aluminium gefertigt wurde.

Touch tomorrow!

An vier Messetagen im November finden Besucher in Frankfurt inspirierende Lösungen für die schnelle und effiziente Realisierung von Produktideen. Mit ihrer einzigartigen Kombination aus Additive Manufacturing und konventionellen Technologien zeigt die formnext powered by tct die nächste Generation intelligenter industrieller Produktion. Vom Design über die Herstellung bis zur Serie.

Seien Sie dabei. Es lohnt sich.

Where ideas take shape.

Messefilm 2015



Informationen:
+49 711 61946-825
formnext@mesago.com

Folgen Sie uns



Zielwerkstoff für die Serie besteht“, geht Rogers ins Detail und ergänzt: „Prototypen, wie wir sie brauchen, sind meist sehr teuer und die Durchlaufzeiten sind häufig sehr lange. Das führt dazu, dass im Designprozess oft übervorsichtig agiert wird und dadurch manchmal wirklich gute, innovative Ansätze nicht berücksichtigt werden.“

Auch in der Vergangenheit wurden Prototypen bereits additiv gefertigt. Dies erfolgte über externe Dienstleister in unterschiedlichen Verfahren, verrät der Entwicklungsleiter. Um die Durchlaufzeiten zu verkürzen und neben günstigeren Prototypen auch zusätzliche Musterteile flexibel herstellen zu können, wurde Ende 2014 damit begonnen, über eine eigene Anlage für die Additive Fertigung nachzudenken.

Hemmschwelle Abbauen

„Uns ging es in erster Linie darum, die Hemmschwelle für unsere Entwickler zu senken, ein reales Teil herzustellen. Bislang war das immer mit relativ hohem administrativen Aufwand verbunden. Das sollte in erster Linie schneller, flexibler und günstiger gestaltet werden. Anfang 2015 haben wir dann unsere Anforderungen definiert und uns verschiedene Hersteller angesehen“, erzählt Rogers.

Hauptaugenmerk lag dabei auf einem möglichst großem Bauraum von mindestens einem Meter in X-Richtung und der Verarbeitung von Thermoplasten. „Am liebsten wäre uns natürlich gewesen, mit Standardgranulaten zu arbeiten, die wir in der Serienproduktion einsetzen. In der geforderten Dimension fehlen aber noch die passenden Angebote im Markt“, so der Entwicklungsleiter weiter.

Starthilfe durch Übergangslösung



“Wesentlicher Aspekt für die Einführung einer Maschine für die Additive Fertigung war für uns, die Durchlaufzeiten bei Prototypen zu beschleunigen und für unsere Entwickler die Hemmschwelle zu senken, kreative Lösungen auszuprobieren.

**Kevin Rogers, Manager Application Engineering
bei der Takata PlasTec GmbH**



Dass sich schlussendlich die German RepRap GmbH mit ihrem X1000 durchsetzen konnte, knüpft Rogers vor allem daran, dass Ihnen von dem 2010 gegründeten Anbieter aus Feldkirchen bei München eine Turnkey-Lösung auf Industriestandard zugesichert wurde. „Zu diesem Zeitpunkt hatten wir den X1000 schon der Öffentlichkeit vorgestellt, wollten aber sichergehen, dass er allen Anforderungen in einem industriellen Umfeld entspricht. Darum haben wir PlasTec bis zur Auslieferung der großen Maschine auch einen X400 zur Verfügung gestellt. Das hat es den Anwendern ermöglicht, ihre ersten Erfahrungen schon vor der Inbetriebnahme der eigentlichen Anlage zu sammeln“ erzählt Florian Bautz, Gründer und Inhaber von German RepRap. „Das war für uns ein wichtiger Aspekt, um schnell produktiv werden zu können. Dabei wurden wir vom Supportteam von German RepRap und auch von Herrn Bautz persönlich bestens betreut und an die Technologie herangeführt. Auch in der Einschulungsphase wurde auf unsere konkreten Bedürfnisse bestens eingegangen. Dadurch konnten wir sehr schnell brauchbare Ergebnisse

erzielen“, erinnert sich Rogers.

Beachtlicher Bauraum

Der X1000 kann mit einer Bauraumgröße von 1.000 x 800 x 600 mm³ (X/Y/Z) aufwarten und verarbeitet Filamente mit einem Durchmesser von 1,75 mm (Anm.: optional sind auch Düsendurchmesser von 0,4 mm oder 0,6 mm möglich) bei einer Mindestdschichtdicke von 0,2 mm. Bei einer Baugeschwindigkeit von bis zu 150 mm/s verarbeitet der X1000 die Werkstoffe PLA, Performance PLA, PVA, PET-G, TPU64D und weitere experimentelle Filamente bei Düsentemperaturen bis 290° C. Ein geschlossener Bauraum sorgt für stabile Umgebungsbedingungen. Das System kann mit einem Heizbett ausgestattet werden und ermöglicht bei Einsatz eines Dual Extruders die Verarbeitung verschiedener Farben oder von zusätzlichem Supportmaterial.

Die industriegerechte Auslegung des Systems zeigt sich in einer gekapselten Bauform mit Sicherungseinrichtungen, wie Not-Aus-Schalter, Zugangssicherung und integriertem Mehrfach-Filamentmagazin





1, 2 Die Innenseite der Verkleidung kann jetzt als ein einziges Teil gefertigt werden. Dabei können Platzierungshilfen passgenau angebracht werden, ohne diese nacharbeiten zu müssen.

3 Einen zusätzlichen Mehrwert bietet die Additive Fertigung bei der Herstellung von Betriebsmitteln, wie dieser Bohrlehre für das nachträgliche Anbringen von Montagebohrungen an Stoßfängern.

4 Der X1000 ermöglicht durch seinen großen Bauraum die Herstellung kompletter Türverkleidungselemente in einem Stück (weiße und schwarze Komponenten).

sowie optionaler CO₂-basierter Brandschutzanlage. Zum Lieferumfang gehört auch eine Simplify3D Software. Die Bedienung erfolgt über ein Touch-Display und die Möglichkeit, über WLAN oder Ethernet auf die Maschine zuzugreifen.

Die richtigen Prozessparameter sind entscheidend

„Werden die Prozessparameter richtig gewählt, können Überhänge von bis zu 45° problemlos ohne Stützgeometrien erstellt werden. Für den Anwender ist es wichtig zu verstehen, mit welchen verfahrensbedingten Grenzen und Besonderheiten zu rechnen ist. Hat man diesen Lernschritt vollzogen, können oft sogar lästige Zusatzarbeiten rund um den eigentlichen Bauprozess herum minimiert oder ganz vermieden werden“, unterstreicht Bautz die Notwendigkeit einer gründlichen Einschulung.

„Wir haben die Maschine im Dezember letzten Jahres bekommen und konnten dank der Unterstützung seitens German RepRap schon nach etwa einem Monat die ersten Produktivteile herstellen. Uns war dabei wichtig, die wesentlichen Eckpunkte im Umgang mit dem System genau kennenzulernen. Sowohl Datenaufbereitung, Bauteilausrichtung, Stützstrukturen als auch das Materialhandling im Bauprozess müssen berücksichtigt werden, um das System produktiv einsetzen zu können“, bestätigt Rogers und ergänzt abschließend: „Durch den Einsatz des X1000 konnten wir neben der Herstellung von Prototypen für unsere Projekte noch zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten identifizieren. Auch in der Produktion von Betriebsmitteln wie Bohrschablo-

nen, Spannmitteln und Halterungen leistet das System mittlerweile wertvolle Dienste. Für uns hat sich die Investition in eine eigene Anlage auf jeden Fall gelohnt. Der nächste Schritt wird sein, das Thema noch weiter in unsere Entwicklung zu integrieren und noch weitere Potentiale wie Mehrkomponentenverarbeitung, Weichkomponenten und die Verarbeitung zusätzlicher Werkstoffe zu erschließen.“

■ www.germanreprap.com

Anwender



Die Takata PlasTec GmbH ist im bayrischen Bad Kissingen ansässig und beschäftigt auf einer Produktionsfläche von etwa 15.000 m² 380 Mitarbeiter. Als Zulieferer der Automobilindustrie produziert das Unternehmen seit 1956 industrielle Kunststoffsysteme für namhafte Pkw- und Lkw-Hersteller.

Takata PlasTec GmbH
Industriegebiet Albertshausen,
Häuserschlag 1
D-97688 Bad Kissingen
Tel. +49 9736-90-0
www.takata.com

voxeljet



RAPID.TECH
HALLE 2
STAND 2-213

3D-Drucksysteme

- Industrietaugliche 3D-Drucksysteme
- Effektiver Dauereinsatz durch robuste, hochwertige Komponenten
- Druck von Formen mit komplexen Geometrien und Hinterschnitten



Dienstleistungs-Center für Sandguss-Kerne und Formen

- Großformatige Bauräume bis 8 m³
- geeignet für den Guss aller gängigen Leichtmetall-, Eisen- und Stahllegierungen
- Seriennahe Abgusseigenschaften



Feinguss-Modelle

- Modelle bis 1.000 x 600 x 500 mm
- Ideal für Feinguss dank optimalem Ausbrennverhalten
- werkzeuglose Herstellung der Aussmelzmodelle

voxeljet AG

Paul-Lenz-Straße 1a
86316 Friedberg Germany
info@voxeljet.com www.voxeljet.com
Americas EMEA AsiaPacific



Das maßstabsgetreue Modell der Pyramidenstätte wurde in den Sälen des Metropolitan Museum of Art im Rahmen der Ausstellung „Ancient Egypt Transformed: The Middle Kingdom“ gezeigt.

Das Metropolitan Museum of Art nutzt 3D-Drucktechnik zur Herstellung von Ausstellungsmodellen:

Eine alte Zivilisation plastisch dargestellt

Für die Ausstellung „Ancient Egypt Transformed: The Middle Kingdom“, die bis zum 24. Januar 2016 im New Yorker Metropolitan Museum of Art zu sehen war, hatten sich die Ausstellungsplaner dazu entschlossen, den Pyramidenkomplex von König Sesostri III. in einem virtuellen und einem physischen Modell zu rekonstruieren. Das physische Modell der Stätte im Maßstab 1:150 basiert auf einem virtuellen 3D-Modell und wurde nach 3D-gedruckten Prototypenteilen modelliert, die von Proto Labs hergestellt wurden.

Die Hauptpyramide des Originalkomplexes war mehr als 63 m hoch. Im maßstabgetreuen Modell ist sie 46 cm hoch. Dieses Modell der Pyramidenstätte wurde in den Ausstellungssälen neben 230 weiteren Objekten gezeigt. „Das Modell sollte dazu beitragen, diese bedeutende Epoche des Mittleren Reiches für die Besucher der Ausstellung zum Leben zu erwecken“, sagt Ronald Street, Leiter der Abteilung für 3D-Druck, Spritzgießen und Prototypen, der seit mehr als drei Jahrzehnten beim Met arbeitet. Wie sieht das Resultat des physischen Modells aus? „Beachtlich“, schrieb Street

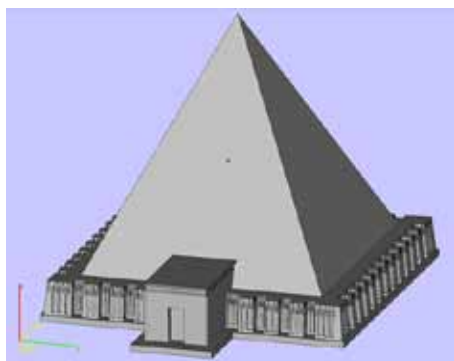
kürzlich in einem Post des Museumsblogs. „Das Gesamtbild des fertigen Modells in seinen beiden Formen – virtuell und physisch – kann als naturgetreue Nachbildung der Original-idee der Erbauer angesehen werden, so wie sie im Alten Ägypten um das Jahr 1870 v. Chr. verwirklicht wurde.“

Eine kreative Herausforderung

Wie also gelangten Street und seine Museumskollegen zu diesem Ergebnis? Vor mehr als 20 Jahren begann das Metropolitan Museum, die Stätte von König Sesostri III. in Ägypten auszugraben und zu untersuchen. Sie befindet sich im heutigen Dahshur, dem Standort mehrerer Pyramiden, etwa 40 km südlich von Kairo. 2014 begann das Museum mit der Planung und Ausarbeitung des Konzepts für eine Ausstellung auf der Grundlage archäologischer Zeugnisse aus der Stätte von König Sesostri. Dabei entstand die Idee für die Modelle. Ein 3D-CAD-Modell war der erste Schritt. Laut Street wurden im Laufe eines Jahres Computermodelle entwi-

Projektdetails

Organisation: Metropolitan Museum of Art
Branche: Kunst
Verfahren: Stereolithographie
Werkstoff: ABS-ähnlicher Thermoplast



Ein CAD-Modell der Pyramide wurde zuerst als STL-Datei erstellt (links) und anschließend mittels SLA aus einem weißen ABS-ähnlichen, thermoplastischen Werkstoff gebaut (rechts).

ckelt und verfeinert, die zur Erstellung eines NURBS-basierten, virtuellen Drahtmodells der Ausgrabungsstätte in einem Maßstab von 1:1 führten. Dieses virtuelle 3D-Modell bietet die Möglichkeit der Abbildung des gesamten maßstäblichen Pyramidenkomplexes, so wie er vor fast 4.000 Jahren ausgesehen hat.

Eine traditionelle (und digitale) Lösung

Der nächste Schritt bestand in der Übertragung des CAD-Modells in ein physisches Modell im Maßstab 1:150. Diese Phase wurde schließlich durch den Einsatz von traditioneller Bildhauerei, Modellbau, Formherstellung, Gießerei, Schreinerei und Imitationsmalerei durchgeführt. Doch bevor diese traditionellen Methoden angewendet wurden sowie parallel zu diesen traditionellen Techniken, verwendete Street außerdem modernere und digitale Methoden der Herstellung, insbesondere das 3D-Druckverfahren. Dieses additive Fertigungsverfahren diente Street in der Prototyping-Phase zur Nachbildung der einzigartigen Teile des Modells.

Wie Street beobachtete, war die Herstellung des physischen Modells eine faszinierende Mischung, die ihn zwang, sich von einem traditionellen Künstler in einen Digitalkünstler zu entwickeln und traditionelle Techniken durch moderne Computer- und Herstellungstechniken zu ergänzen. Dieser Prozess passt gut zu Street, der seine künstlerische Laufbahn als Keramiker und Glasbläser begann und außerdem international als einer der ersten Museumspraktiker bekannt ist, die digitale Techniken wie 3D-Scannen in ihre Arbeit aufgenommen haben. Er entschied sich für die industriellen 3D-Druckdienstleistungen von Proto Labs, um Prototypen in mehreren Iterationen herzustellen. Diese Prototypen halfen, eine Brücke zwischen den virtuellen 3D-Modellen und den endgültigen, physischen Modellen zu schlagen, bei denen es sich im Wesentlichen um spritzgegossene Epoxidmodelle auf der Grundlage von 3D-Prototypen handelt. Die Prototypen selbst wurden mithilfe des additiven Herstellungsverfahrens der Stereolithographie (SLA) aus einem ABS-ähnlichen Thermoplast hergestellt. Bei der Durchführung dieser verschiedenen Wiederholungen in der Prototypingphase habe er sich besonders über die Schnelligkeit von Proto Labs – er erhielt die Teile statt nach einigen Wochen, oder noch länger, innerhalb weniger Tage zurück – und die Detailtiefe der Prototypenteile gefreut, da diese besonders nützlich war. „Es wäre sehr schwierig gewesen, diesen geometrisch anspruchsvollen Typ ohne den Einsatz des 3D-Drucks herzustellen“, erläutert Street genauer. Das Stereolithographieverfahren von Proto Labs eignet sich besonders gut

für diese Art von Projekten, bei denen kleine Teile mit komplexen Geometrien und präzisen Mustern benötigt werden.

Das fertige Modell

„Die virtuellen und physischen Modelle sind eine wichtige Hilfe bei der Interpretation und Darstellung der Zeugnisse, die aufgrund traditioneller Mittel der Berichterstattung in 2D-Zeichnungen und Grabungsberichten bekannt sind. Letztendlich ist der Nutzen für die Besucher bei der Betrachtung des Modells in der Ausstellung ‚Ancient Egypt Transformed: The Middle Kingdom‘ erheblich. In erster Linie lässt das Modell die Schönheit und Komplexität dieses Pyramidenkomplexes für die Besucher lebendig werden“, so Street abschließend.

■ www.protolabs.de

blueffect®

blueffect® - Vorkammerbuchse

Gekühlter Formeinsatz als System- und Sonderlösungen

- **Beste Technik in smartem Design.**
Durch Lagerhaltung sofort verfügbar und auch als Sonderlösung schnell und individuell erweiterbar.
- **Flexible Kühlung mehr Effizienz.**
Stabile Temperierung, verkürzte Zyklen für präzisere Kunststoffteile.
- **Mehr Platz bei höchster Qualität.**
Dichtes Bauteil für maximale Performance bei geringer Wanddicke.

Mehr Infos auf
www.jell-konstruktion.de/blueffect



Der Fachbereich Additive Fertigung bei 1zu1 Prototypen umfasst eine umfangreiche Ausstattung sämtlicher Technologien im Bereich der Kunststofffertigung. (Bild: Darko Todorovic)



Schnelle Hilfe bei fehlenden Teilen

Nicht immer ist der Zugriff auf Ersatzteile einfach. Manchmal ist es sinnvoll, dafür auf die Möglichkeiten der Additiven Fertigung zurückzugreifen. Am Beispiel eines Abflussgitters für einen Pool zeigt die 1zu1 Prototypen GmbH wie eine Ersatzteilherstellung über Selektives Lasersintern realisiert werden kann.

Autor: Georg Schöpf / x-technik

Wer kennt nicht den Moment, wenn an einer Maschine, einer Anlage oder einem Gerät eine Komponente kaputt geht. Handelt es sich um Anlagen jüngerer Datums und ist der Hersteller nicht allzu weit weg oder international vertreten, ist die Ersatzteilbeschaffung meist kein Problem. Ganz anders sieht es aus, wenn der Hersteller nicht mehr existiert, oder die erforderliche Komponente schon lange nicht mehr verfügbar ist.

Welche Möglichkeiten die Additive Fertigung in einem derartigen Szenario bieten kann, zeigt das Beispiel eines Abflussgitters eines Pools. Durch eine Stoßbelastung wurde das Gitter zerstört, an eine Reparatur war nicht zu denken. Um den Pool rechtzeitig wieder in Betrieb nehmen zu können, war die Beschaffung eines Ersatzteils

notwendig. Die Herstellung des Bauteils erfolgte über die 1zu1 Prototypen GmbH. Das Vorarlberger Unternehmen beschäftigt sich seit der Gründung im Jahre 1996 mit der Herstellung von industriellen Prototypen, Spritzgusswerkzeugen und Spritzgießteilen. Dabei kommen additive Fertigungsverfahren, Vakuumgießen, Fünf-Achs-Fräsen und verschiedene Finish-Verfahren zum Einsatz.

Geeigneten Werkstoff und Verfahren wählen

Das Teil, das einen Durchmesser von 180 mm und eine Dicke von 8 mm aufweist, sollte aus einem Werkstoff sein, der sowohl UV-Beständig ist, handelsüblichen Poolchemikalien widersteht und einer entsprechenden strukturellen Belastung standhält. →



(Bild: Darko Todorovic)

“ Als Hersteller für industrielles Rapid Prototyping und Kleinserien sind wir darauf spezialisiert, schnell zum fertigen Teil zu kommen. Dafür setzen wir sowohl bewährte als auch fortschrittliche Technologien ein. Unser Ziel ist immer beste Qualität bei niedrigen Durchlaufzeiten.

Ing. Hannes Hämmerle, Geschäftsführer der 1zu1 Prototypen GmbH



links Das Originalteil des Abflussgitters wurde durch eine Stoßbelastung soweit zerstört, dass eine Reparatur unmöglich war. Rechts das mittels SLS hergestellte Ersatzteil aus PA12.

unten links Das Ersatzteil konnte ohne weitere Nacharbeit sofort eingebaut werden.

unten rechts Über eine FEM-Simulation wurde festgestellt, ob das Bauteil im angestrebten PA12 die strukturmechanischen Anforderungen erfüllt.

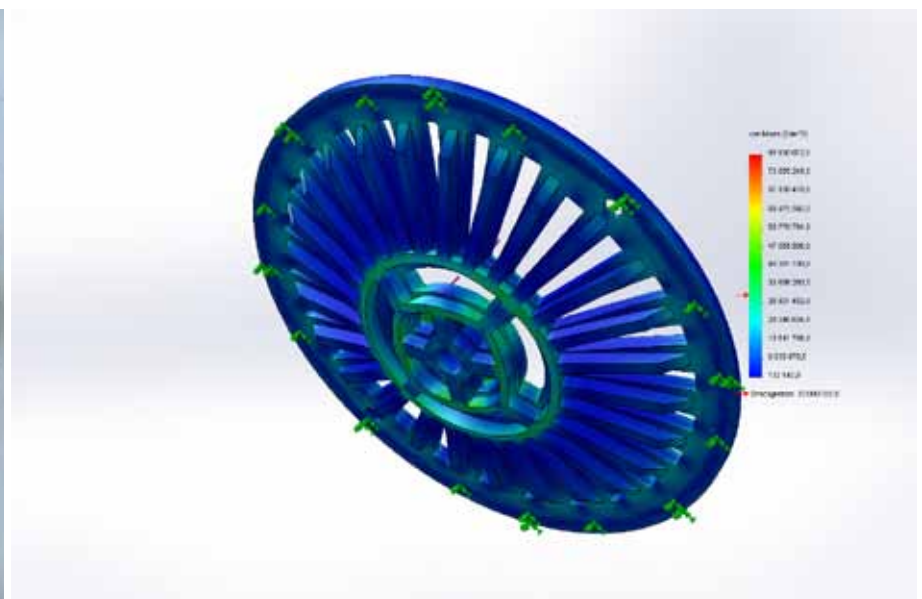
Diesen Anforderungen wird Polyamid gerecht, wie es in SLS-Anlagen häufig verarbeitet wird.

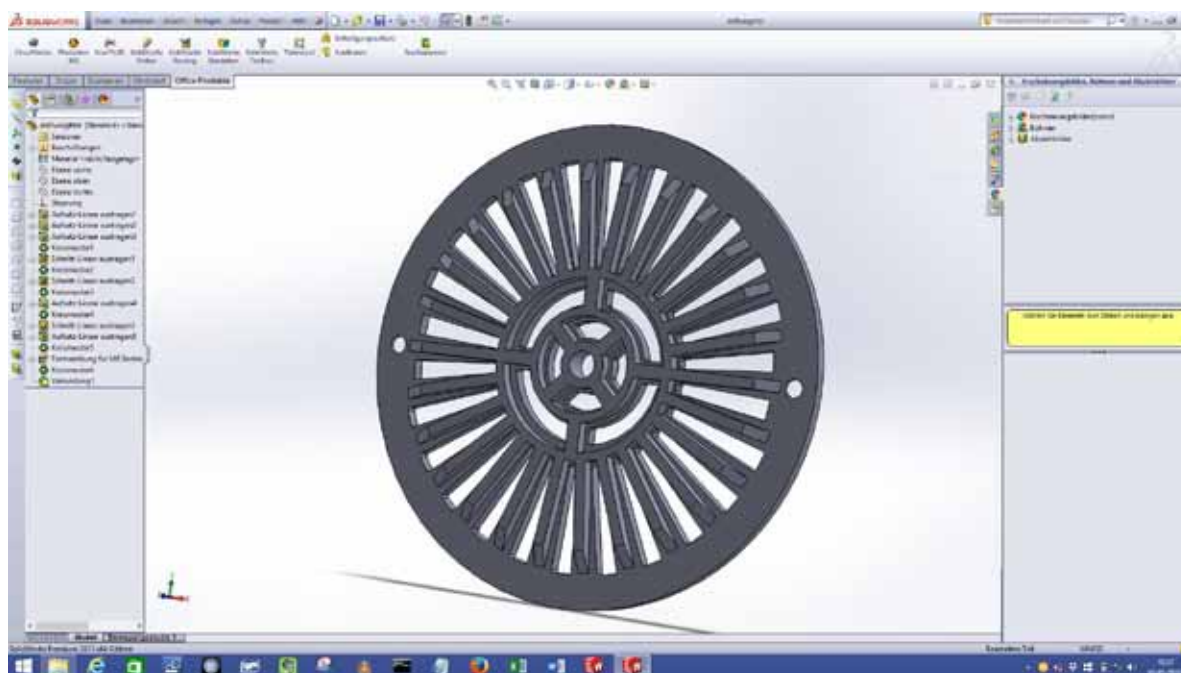
Um die erforderlichen Geometriedaten zu erhalten wurde das Bauteil in Solid-Works nachkonstruiert, was beim vorliegenden Teil schnell und unproblematisch war, da es keine Freiformflächen enthält und sämtliche Dimensionen einfach nachgemessen werden konnten. Anschließend wurde eine Simulation erstellt, um sicherzustellen, dass das Bauteil im beabsichtigten PA12 auch den strukturmechanischen Anforderungen entspricht. „Für uns ist es schon wichtig, Bauteildaten zu bekommen,

die im Vorfeld mit den gängigen Werkzeugen validiert wurden. Oft genug werden Fehler in der Bauteilauslegung gemacht, weil nicht berücksichtigt wird, dass additiv gefertigte Bauteile andere strukturmechanische Eigenschaften aufweisen, als wenn diese zerspanend oder mittels Spritzgießen hergestellt werden“, erklärt Hannes Hämmerle, Geschäftsführer der 1zu1 Prototypen GmbH. „Selbstverständlich bieten wir in diesem Zusammenhang auch Engineeringdienstleistungen an und helfen unseren Kunden mit ganz konkreten Designvorschlägen, die auf das jeweilige Fertigungsverfahren abgestimmt sind“, ergänzt er.

Fehlerquelle Modelldaten

Für die Datenübergabe wurde, wie meistens im Bereich der Additiven Fertigung, ins STL-Format konvertiert. Da das Bauteil auch kleine Radien enthält, wurde darauf geachtet, eine entsprechend feine Vernetzung zu verwenden, um Ungenauigkeiten und Fehler in der STL-Datei zu verhindern. „Das ist nur eine Fehlerquelle im Bereich der Datenbereitstellung, die man aber bei entsprechender Sorgfalt leicht in den Griff bekommt. Viel komplexer wird es, wenn andere fertigungsrelevante Rahmenbedingungen nicht beachtet werden. So sind, je nach Verfahren, bestimmte Mindestwandstär-





Die Maße für das Bauteil wurden aus den Fragmenten des zerstörten Originalteils herausgemessen und für die Nachkonstruktion verwendet.

ken einzuhalten oder aber Anisotropien im fertigen Bauteil zu berücksichtigen. Hier ist noch viel Aufklärungsarbeit erforderlich“, mahnt Hämmerle.

Onlinekonfiguration und Projektabschätzung

Um schnell zu einer Bewertung zu kommen, ob es sinnvoll ist, ein Teil additiv herzustellen, bietet 1zu1 Prototypen auf ihrer Website einen komfortablen Konfigurator mit Anfragemanagement. Dort kann man auswählen, welches Verfahren bevorzugt wird, das Material auswählen, Modelldaten hochladen, Lieferwunschtermin angeben sowie auch Informationen zur Nachbehandlung und Oberflächengüte des Teils angeben. „Urmodelle und Prototypen sind unser Kerngeschäft. Dafür stellen wir unseren Kunden einen Workflow zur Verfügung, der eine schnelle Einschätzung des Projekts erlaubt. Wir verstehen uns dabei als Full-Service-Provider. Das bedeutet, dass wir aktiv auf unsere Kunden zugehen, um im Dialog gemeinsam die optimale Technologie auszuwählen. Wir stimmen ab, welche Bedingungen das fertige Teil erfüllen muss und helfen bei der Definition der Rahmenbedingungen. Beim vorliegenden Abflussgitter sind wir genauso vorgegangen. Ergebnis war ein passgenaues Ersatzteil, das innerhalb von drei Tagen einbaufertig geliefert werden konnte“, fasst der Geschäftsführer zusammen.

Einstieg über Dienstleister

Additive Fertigungsverfahren finden ihren Weg in die Industrie häufig über Dienstleister wie die 1zu1 Prototypen GmbH. Diese stellen das erforderliche Know-how zur Verfügung und können häufig aus verschiedenen Verfahren das geeignetste auswählen. Ebenso unterstützen sie bei der Erstellung fertigungsgerechter Daten und liefern wertvolle Hinweise für die Anwendungsfelder der Additiven Fertigung. In der Herstellung komplexer Geometrien zeigen die generativen Verfahren beispielsweise einen ihrer wesentlichen Vorteile. Zusätzliche Komplexität verursacht keine zusätzlichen Kosten. Außerdem sind Geometrien möglich, die sich konventionell gar nicht oder nur mit hohem Aufwand herstellen lassen. Auch ist es möglich, eine Ersatzteilbewirtschaftung in neuem Licht zu betrachten, insbesondere bei der Bereitstellung von Teilen, die schon lange nicht mehr hergestellt werden. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch immer, dass die zugrunde liegende 3D-Geometrie vorliegt. Das alles erfordert einen neuen, kreativen Blick auf die Teileherstellung im Allgemeinen, bei dem die Dienstleister wertvolle Hilfestellungen geben können. Welchen Einfluss die Additive Fertigung auf die verschiedenen Bereiche der Industrie langfristig haben wird, bleibt abzuwarten.

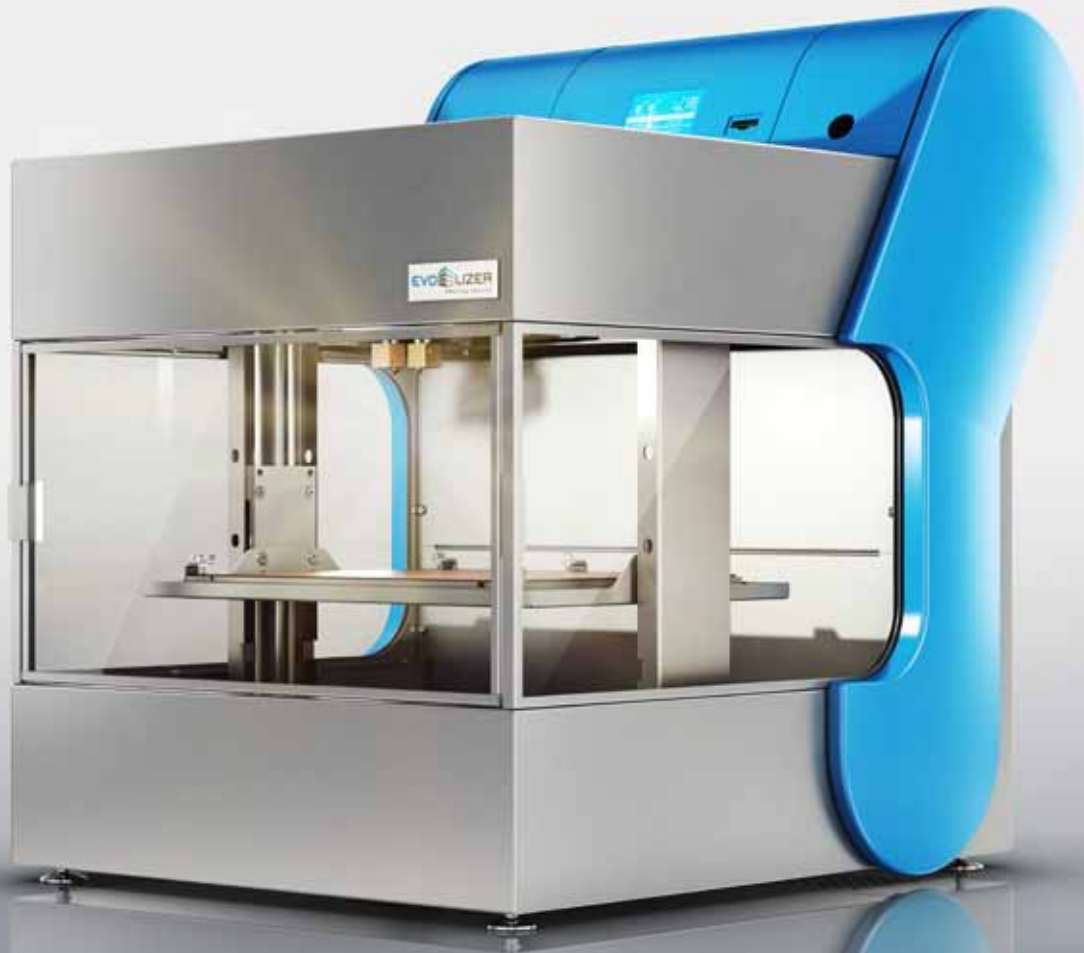
■ www.1zu1.eu

Anwender



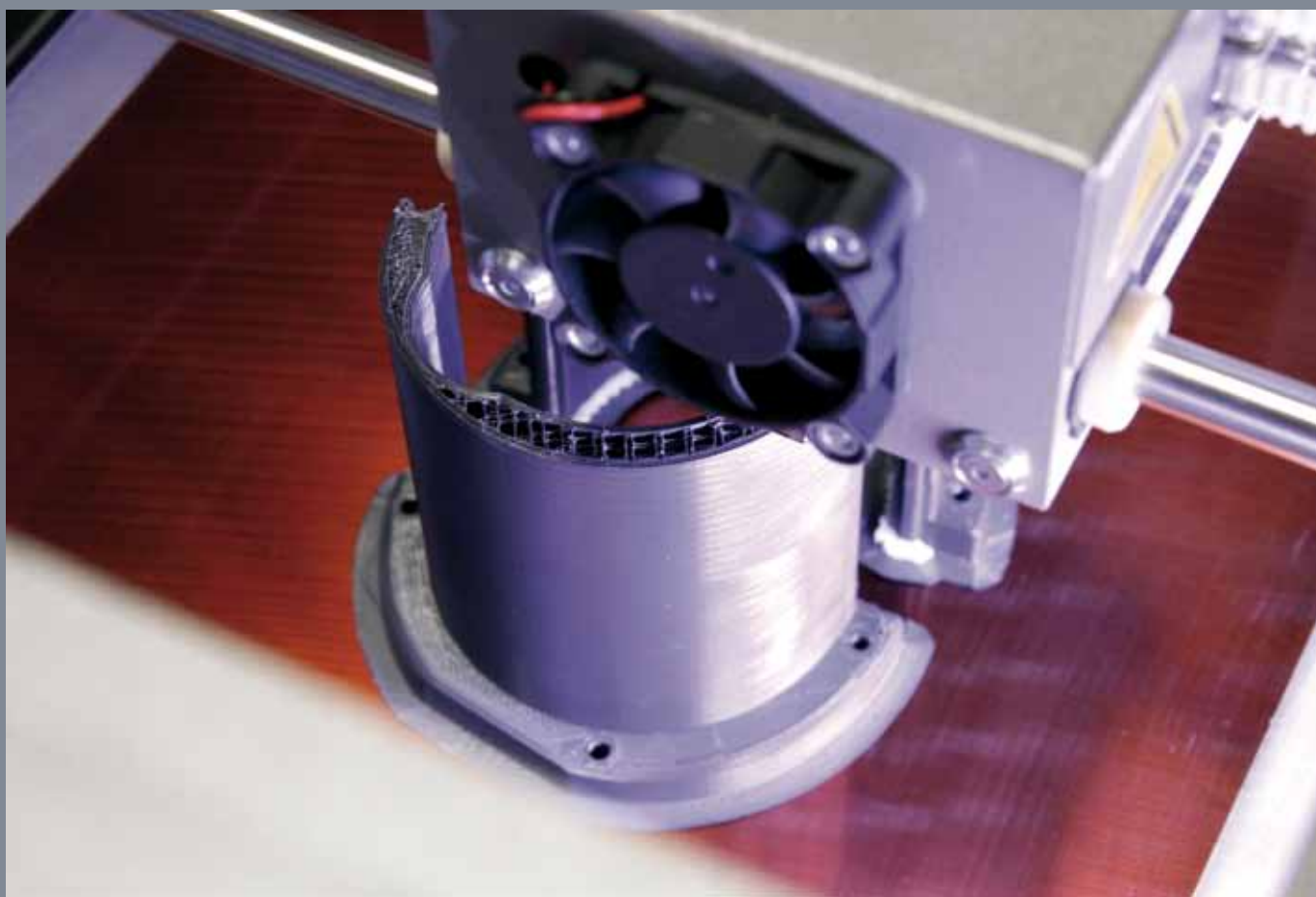
Die 1zu1 Prototypen GmbH wurde 1996 im vorarlbergischen Dornbirn gegründet. Heute beschäftigt das Unternehmen 150 Mitarbeiter von denen 37 in der Ausbildung sind und produziert auf etwa 6.000 m² Betriebsfläche Modelle und Kleinserien in Kunststoff und Metall. Spezialisiert ist man auf die Erstellung von Urmodellen mittels verschiedener Verfahren, auf Simulation von seriennahen Oberflächen und Metall-Prototypen in Originalwerkstoff. Weiteres Spezialgebiet ist die mechanische Fertigung von Prototypen aus Kunststoff und Metall mit Fünf-Achs-Fräsmaschinen.

1zu1 Prototypen GmbH & Co KG
Färbergasse 15
A-6850 Dornbirn
Tel. +43 5572-52946-0
www.1zu1.eu



Kostenreduktion durch **Additive Fertigung** im Sondermaschinenbau

Kleine Stückzahlen, große Teilevielfalt und hohe Materialanforderungen für die Produktion von Plasmabeschichtungsanlagen sind die täglichen Herausforderungen der Inocon Technologie GmbH. Durch die additive Fertigungsanlage und das Hochtemperaturdruckmaterial der Firma EVO-tech werden in der Produktion einiger Teile bis zu 90 % Kosten eingespart.



Durch eine Gitterstruktur im Bauteilinneren konnte das Gesamtgewicht signifikant reduziert werden. Das spart Material und wirkt sich positiv auf die Dynamik der Anlage aus.

Die Inocon Technologie GmbH verfügt über große Erfahrungen, Erfolge und zahlreiche Patente im Bereich Plasmahärten, Plasmaschweißen und -löten sowie über einen Plasmavorheizer für die Siliziumindustrie. Die Plasmakompetenz wird durch eine neuartige, patentierte und verschleißarme Plasmabeschichtungstechnologie erweitert und ist mit feinsten metallischen Pulvern und Dämpfen im atmosphärischen Bereich noch ein sehr junger und wenig erforschter Technologiebereich. Dabei wird einem Plasmastrahl Pulver oder Dampf zugeführt und in Atmosphäre eine Funktionsschicht abgeschieden.

Beschichtung für jeden Untergrund

Im Zuge der neuen Technologieentwicklung wurden mehrere Beschichtungsköpfe und eine neue Pulverzuführungstechnologie für feinste Pulver entwickelt. Bei der Anwendung der Inocon Plasmatechnologie mit Pulvern und Dämpfen können Funktionsschichten insbesondere auch auf sensiblen Substraten aufgebracht werden. So können z. B. Leiterbahnen aus Kupfer oder Zinn auf Papier, Holz und praktisch allen Kunststoffen aufgebracht werden, ohne dass die zu beschichtenden Oberflächen beschädigt werden. Dies ist in Hin- ➔



“ Mit dem EVOLizer 3D-Drucker haben wir nun ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem wir sehr schnell Einzelteile und Kleinserien aus technischen Kunststoffen fertigen können. Neben der dadurch erhöhten Flexibilität können wir bei den Bauteilen zusätzlich noch bis zu 90 % der Kosten einsparen.

Dr. Fritz Pesendorfer, Inhaber der Inocon Technologie GmbH



Mit dem EVOlizer können die Teile für den Plasmakopf problemlos über Nacht hergestellt werden.

blick auf die hohen Schmelztemperaturen der Pulver eine bemerkenswerte Eigenschaft. Anwendungen derartiger Leiterbahnen sind zum Beispiel Handy-Antennen, LED-Strukturen oder auch reibwerterhöhende und verschleißmindernde Schichten.

Umfangreiche Einsatzgebiete für Plasmaköpfe

Die Aufbringung von Silikat- und Silikon-Dünnschichten über Dampf erzeugt durchsichtige Schichtdicken von

wenigen Nanometern, die sehr weite Anwendungsbereiche umfassen: das Aufbringen von hydrophilen oder hydrophoben Schichten sowie Barriere-, Haft- bzw. auch Antihafteigenschaften auf Papier, Folien und fast allen denkbaren Oberflächen. Konkrete Anwendungen sind derzeit das Beschichten von Glas bzw. Keramik (Anm.: sechs- bis siebenfache Haftfestigkeit), Antihaftschichten auf Produktionswalzen oder auch biozide Schichten für verschiedenste Anwendungen (wie Anti-Fouling für Dächer, Fassaden und

Schiffsrümpfe) und Eliminierung von Keimen in Krankenhäusern, Arztpraxen, öffentliche Toiletten etc. Die Inocon Technologie ist die mit Abstand effizienteste Technologie am Markt, um die derzeit gängigen Schichten mittels PVD (Physikalische vakuumbasierende Gasphasenabscheidung) und CVD (Chemische vakuumbasierende Gasphasenabscheidung) durch atmosphärisch aufgetragene Schichten zu ersetzen. Die Schichten erfordern vergleichsweise sehr niedrige Investitionen bei zumindest gleichwertigen Eigenschaften und sind auch in automatisierte Prozesse integrierbar. Da bei Atmosphärendruck gearbeitet werden kann, sind keine Vakuumkammern nötig, was kürzere Durchlaufzeiten und die Beschichtung größerer Werkstücke ermöglicht.

Große Teilevielfalt, kleine Losgrößen

Die Vielzahl an Anwendungsgebieten bringt ebenso vielfältige und unterschiedliche Anforderungen an die ein-



“Innovative Unternehmen wie die Inocon Technologie GmbH benötigen stabile industrielle Prozesse in Ihrer Fertigung. Als Entwickler und Hersteller der Maschinen und der dazu benötigten Kunststoffe, liefern wir als EVO-tech eine Komplettlösung für die Additive Fertigung.

Markus Kaltenbrunner, Geschäftsführer EVO-tech GmbH



links Die additiv gefertigten Bauteile benötigen außer dem Schneiden der Gewinde keine Nacharbeit und sind sofort einsetzbar.

rechts Der Plasmakopf besteht aus einer Kombination aus spanabhebend und additiv gefertigten Bauteilen.

kürze elektronische Isolationsbauteile aus Peek durch gedruckte PPS Bauteile ersetzt werden, um auch in diesem Bereich die Produktionskosten zu senken und die Flexibilität zu steigern. Außerdem sieht die Firmenleitung vor allem auch in der Produktion von Montagehilfsmitteln und der Herstellung von Einzelteilen hohes Potenzial für die Zukunft.

www.evo-tech.eu

zelenen Anlagen mit sich, die oftmals in vollautomatische Systeme integriert sind. Die daraus resultierenden kleinen Stückzahlen und hohe Teilevarianz führen in der Produktion der erforderlichen Bauteile zu enormen Produktionskosten. Aus diesem Grund besuchte Inhaber Dr. Fritz Pesendorfer Anfang Februar die Eröffnung der neuen Produktionsstätte der EVO-tech GmbH in Schörfling am Attersee. „Ich war überrascht, dass bei uns in Oberösterreich ein so innovatives Unternehmen 3D-Drucker produziert. Für mich war besonders die große Materialvielfalt, wie zum Beispiel das Hochtemperaturfilament oder das UV-Beständige Filament, interessant. Bisher haben uns diese fehlenden Eigenschaften am Einsatz der Additiven Fertigung gehindert“, sagt Dr. Pesendorfer.

Kurz danach hat die Firma Inocon Technology GmbH die erste Testanwendung definiert. Es sollte eine Schutzabdeckung am Plasmakopf, bestehend aus drei verschraubbaren Teilen, additiv gefertigt werden. Neben hoher Genauigkeit war vor allem die Temperaturbeständigkeit sowie die elektrische Durchschlagsfestigkeit ein entscheidendes Kriterium für den Einsatz der Additiven Fertigung in der Kleinserienfertigung dieser Teile. „Ich war überrascht, dass

PPS bereits additiv verarbeitet werden kann. Noch mehr hat mich jedoch das Einsparungspotential von 90 % im Vergleich zur zerspanenden Fertigung überzeugt“, sagt Pesendorfer.

Der Grund der Kostenersparnis liegt klar auf der Hand. Müssen doch bei der spanabtragenden Fertigung die drei Bauteile aus 2,3 kg Rohmaterial herausgefräst werden, wobei 85 % des Materials im Abfall landen. Bei der Additiven Fertigung wird nur das Material aufgetragen, das auch benötigt wird. Außerdem läuft die additive Fertigungsanlage der Firma EVO-tech mannos und durch die geringen Anschaffungskosten ist ein deutlich geringerer Stundensatz als bei einer Fräsmaschine anzusetzen, was zu wesentlich niedrigeren Stückkosten führt. „Durch die Möglichkeit Bienenwabenstrukturen in unsere Bauteile zu integrieren, ermöglicht es uns der 3D Drucker, das Bauteilgewicht um 50 % zu senken, was enorme Vorteile für unsere bewegten Achsen birgt“, sagt Konstrukteur Markus Rotter.

Hohes Potenzial für die Zukunft

Die Anwendungsmöglichkeiten sind bei Inocon noch lange nicht erschöpft. Durch die hohe Durchschlagsfestigkeit des PPS von EVO-tech sollten in

Anwender



Die Inocon Technologie GmbH ist im oberösterreichischen Attnang Puchheim ansässig. Geführt wird das Unternehmen von Eigentümer Dr. Fritz Pesendorfer. Inocon zählt zu den Technologieführern im Bereich der Plasma-Oberflächenbeschichtung und entwickelte unter anderem ein neues Plasma-Auftragsverfahren, welches durch dösenfernen Wirkfokus extrem verschleißarm ist. Die beschichteten Oberflächen finden Anwendungen in der Fertigung von Leiterbahnen bis hin zur tribologischen Oberflächenoptimierung

Inocon Technologie GmbH
Wienerstraße 3
A-4800 Attnang-Puchheim
Tel. +43 7674 62526
www.inocon.at



Die Anlagentechnik für LMD ist bereits ausgereift und verfügbar. Im Bild: die TruLaser Cell 3000.

Das Video zur TruLaser Cell 3000
www.additive-fertigung.at/video/114967



Schnell und flexibel mit optimierter LMD-Technologie

Trumpf erweitert sein Technologie- und Produkt-Portfolio im Bereich der industriellen 3D-Drucker. Auf der Formnext 2015 hat der Laserhersteller neue Maschinen und Anlagen für die Additive Fertigung von Metallteilen vorgestellt. Mit der seit 15 Jahren etablierten und kontinuierlich weiterentwickelten Technologie Laser Metal Deposition (LMD) und den vorgestellten TRuPrint-Maschinen hat Trumpf beide relevanten Technologien im Metallbereich im Programm.

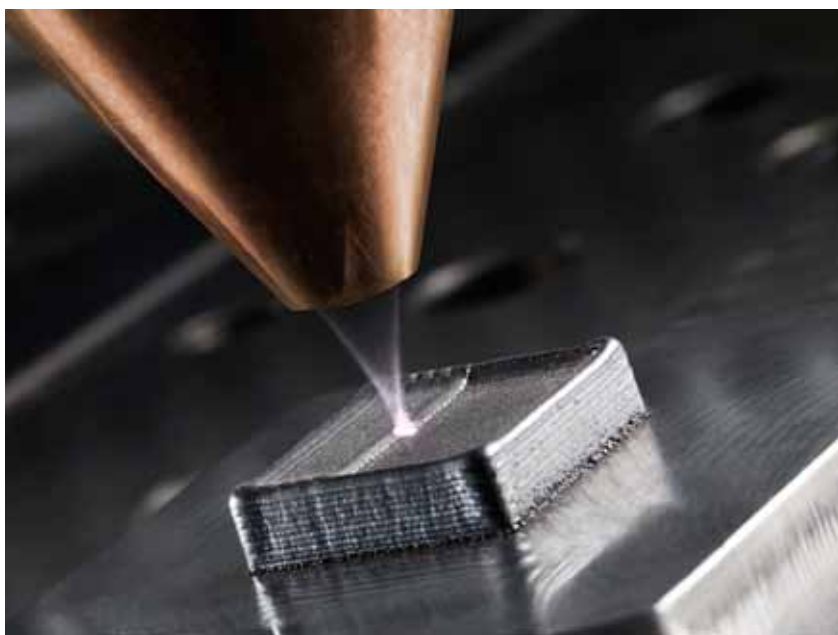
Über die LMF-Maschine TruPrint 1000 und die neu vorgestellte TruPrint 3000 haben wir bereits in der Ausgabe 1/2016 berichtet. Im Bereich des Laser Metal Deposition (LMD) blickt das Unternehmen auf über 15 Jahre Erfahrung zurück und hat dieses für den industriellen Einsatz weiterentwickelt.

Neues LMD-Paket: Volumina mit hohen Aufbauraten anbringen

Seine LMD-Technologie hat Trumpf weiter optimiert und auf der Formnext neue Lösungen vorgestellt. Diese eignen sich insbesondere um Volumen und Strukturen an bestehende Bauteile anzubringen, beispielsweise eine Anschraubfläche an

ein Rohr. Bei LMD-Anlagen erzeugt der Laser ein Schmelzbad auf der Oberfläche eines Bauteils und schmilzt das zeitgleich und koaxial zugeführte Pulver entsprechend der gewünschten Form auf. Es entsteht eine Schicht aus miteinander verschweißten Raupen. Viele Schichten ergeben einen Körper, der in jede Raumrichtung wachsen kann.

Das große Plus bei der LMD-Technologie: Die benötigte Anlagentechnik ist ausgereift. So lässt sich je nach Anwendungsfall etwa die große Fünfachsmaschine TruLaser Cell 7040 oder auch die kompaktere TruLaser Cell 3000 mit dem neuen LMD-Paket ausrüsten. Ein weiterer Vorteil ist die erhöhte Aufbaurate. Mit Aufbauraten von bis zu 500 Kubikzentimeter pro



Trumpf vereint die beiden führenden Technologien für die Additive Fertigung von Metallteilen (LMF und LMD) unter einem Dach.

Stunde kann LMD wirtschaftlicher als konventionelle Fertigungsverfahren sein. Zudem gibt es so gut wie keine Beschränkungen in der Materialkombination – es lassen sich nahezu beliebige Sandwichstrukturen erzeugen. Dabei erfolgt der Prozess auf dem Bauteil an der freien Atmosphäre, was Nebenzeiten reduziert und so-

mit auch die Kosten pro Bauteil senkt. Mit dem neuen Technologie- und Produkt-Portfolio bietet Trumpf seinen Kunden nun ein Komplettpaket aus Laserstrahlquelle, Maschine, Pulver, Serviceleistungen und Applikationsberatung – alles aus einer Hand.

■ www.trumpf.com



Beim LMD-Verfahren erzeugt der Laser ein Schmelzbad auf der Oberfläche eines Bauteils und schmilzt das zeitgleich eingebrachte Pulver entsprechend der gewünschten Form auf.

Rapid.Tech

International Trade Show & Conference
for Additive Manufacturing

FabCon 3.D

The 3D Printing Community Event

14. – 16. Juni 2016

Messe Erfurt

Jetzt 3 Tage!
Messe + Fachkongress

über 100
internationale
Referenten

11 Fachforen u.a. mit:

Anwendertagung,
Fachforen: Elektronik,
Automobilindustrie,
Additive Lohnfertigung,
Konstruktion

3D Printing Conference

3D-Druck Workshops
für Lehrer & Schüler

Start Up Award

160 Aussteller

10 Länder

Seit 12 Jahren

Kompetenz für generative
Technologien

www.rapidtech.de



Das Video zum Bericht

[www.additive-fertigung.at/
video/122397](http://www.additive-fertigung.at/video/122397)



Laser Power Monitoring und Melt Pool Monitoring:

Umfassende Qualitätsüberwachung

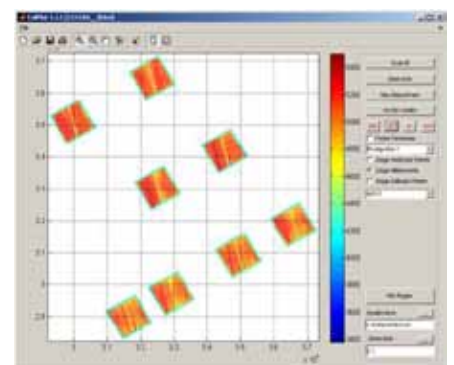
Die Anlagen der SLM Solutions GmbH stellen hochwertige, metallische Bauteile basierend auf dem Selective Laser Melting Verfahren her. Bei diesem sogenannten Pulverbett-Verfahren wird der pulverförmige, metallische Werkstoff schichtweise aufgetragen und durch Laserstrahlung in Schichten aufgeschmolzen. Um hierbei eine umfassende Qualitätsüberwachung sicher zu stellen, hat die SLM Solutions GmbH das Laser Power Monitoring und das Melt Pool Monitoring System entwickelt.

Das Laser Power Monitoring (LPM) System ist ein selbständiges Überwachungssystem, welches ermöglicht, dass die Laserleistung im Bauprozess permanent und zuverlässig überwacht wird. Hierbei wird die Istleistung des Laserstrahls gemessen und mit der Setz-Leistung synchronisiert. Sich verringernde Laserleistungen werden hierdurch erfasst und es kann entsprechend reagiert werden. Grafische Darstellungen und die Möglichkeit der Archivierung der Daten sind vom Anwender mühelos zu nutzen. Neben der Steigerung der Reproduzierbarkeit von metallischen Bauteilen werden durch die Nutzung des LPM Moduls Qualitätsschwankungen

verhindert und eine hiermit verbundene Kosteneinsparung basierend auf fehlerfreien Bauteilen erreicht.

Melt Pool Monitoring

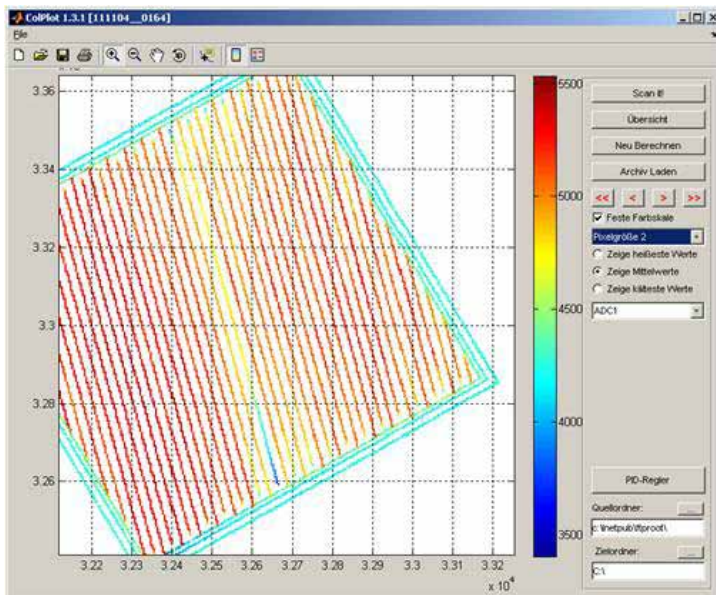
Das von der SLM Solutions GmbH entwickelte Melt Pool Monitoring (MPM) System stellt ein Qualitätssicherungswerkzeug für die Überprüfung additiv gefertigter Bauteile dar. Anhand einer weitgehenden Dokumentation des Bauprozesses zur Qualitätssicherung findet eine Überprüfung der Qualität bereits während des Bauprozesses statt. Die durch das MPM verbesserte Prozessdokumentation ermöglicht somit, u. a.



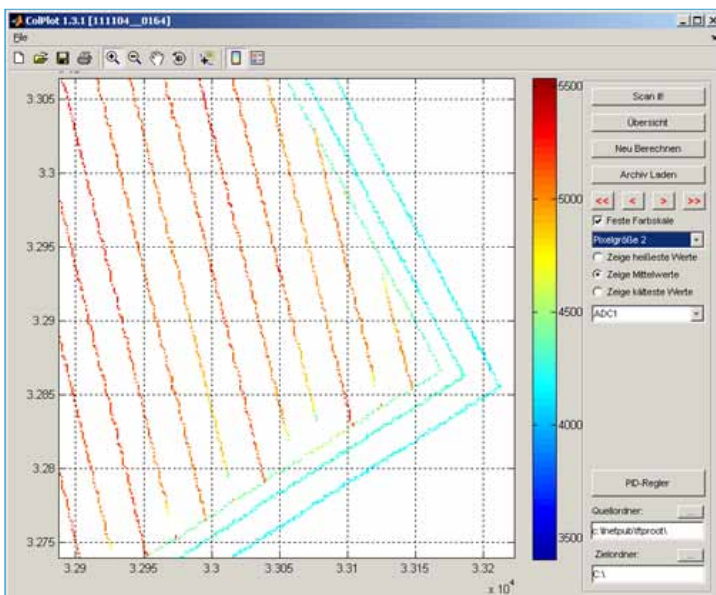
Mit dem Melt Pool Monitoring (MPM) System wird die thermische Rückstrahlung von der Schmelzspur erfasst. Die aufgezeichneten Daten erlauben Rückschlüsse auf Unregelmäßigkeiten während des Aufschmelzens, die zu Fehlern in den Bauteilen führen können.

Automatisierte Reinigungskabinen für Metallbauteile

- + Reinigen mit gezielter Schwingungsanregung
- + Programmierbares Bauteilschwenken
- + Manuelles Endreinigen mit Druckluft
- + Sichere Reinigung komplexer Bauteilgeometrie
- + Materialschonendes Reinigen in Schutzatmosphäre
- + Bauteile bis 300kg



Das System ermöglicht eine weitgehende Dokumentation des Bauprozesses zur Qualitätssicherung und unterstützt außerdem ein effizientes Weiterentwickeln und Auswerten von Prozessparametern.



Die Temperaturmessdaten können schichtweise visualisiert werden. Jeder Strahlengang wird dabei mit einem eigenen Messsystem ausgestattet.

in der Luft- und Raumfahrtindustrie, den Verzicht auf eine 100 % nachträgliche Prüfung der additiv gefertigten Bauteile. Hieraus resultieren ein verringerter Zeitaufwand und eine Kostenersparnis.

Das System basiert auf der Erfassung der thermischen Rückstrahlung von der Schmelzspur. Die aufgezeichneten Daten erlauben Rückschlüsse auf Unregelmäßigkeiten während des Aufschmelzens, die zu Fehlern in den Bauteilen führen können. Durch das Melt Pool Monitoring (MPM) System ist eine absolute Temperaturmessung möglich. Eine Überwachung mit 100 kHz bietet hierbei eine deutlich höhere, zeitliche Auflösung als bei Bildauswerteverfahren. Zudem unterstützt das System ein effizientes Weiterentwickeln und Auswerten von Prozessparametern zur Qualitätsüberwachung. Die Temperaturmessdaten können schichtweise visualisiert werden,

weitere Datenverarbeitungsprozesse befinden sich in Vorbereitung für zukünftige Software-Versionen. Jeder Strahlengang wird dabei mit einem eigenen Messsystem ausgestattet. Diese Lösung ist durch Umbau der optischen Bank auch nachrüstbar.

Industrie 4.0-Ausrichtung

Mit der Entwicklung dieser fortschrittlichen Systeme macht die SLM Solutions GmbH einen weiteren, wichtigen Schritt in Richtung der Zukunftstechnologie 4.0, welche ein wichtiger Impulsgeber für u. a. den Automobil- und Maschinenbau sowie die Luft- und Raumfahrtindustrie ist. Die Additive Fertigung beschleunigt und automatisiert Herstellungsprozesse und schafft Freiräume für Konstruktion und Design.

www.slm-solutions.com



Das neue 140L Großraumsystem von Hage bietet mit einem Bauraum von (X/Y/Z) 700 x 500 x 400 mm³ genug Kapazität für große Teile oder eine größere Teilezahl.

Neue 140L Maschine von Hage setzt Maßstäbe in Maschinenbauqualität:

Wenns **groß** werden muss

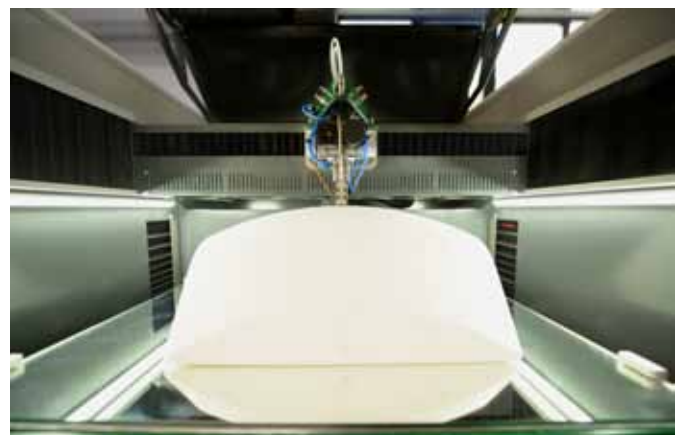
Seit jeher versteht sich die Hage Sondermaschinenbau GmbH auf die Herstellung industrietauglicher Maschinen und Lösungen. Mit diesem Ansatz geht das steirische Traditionsunternehmen auch an die Produktion ihrer Maschinen für die Additive Fertigung heran. Mit dem HAGE3D 140L stellt Hage eine Lösung mit großem Bauraum in Maschinenbauqualität vor.


Die Anforderungen der Industrie sind klar. Größere Maschinen, mehr Materialien und höhere Bauraten sind die Wünsche, die immer wieder genannt werden. „Dem tragen wir mit unserer neuen HAGE3D 140L Maschine Rechnung. Sie verbindet soliden Maschinenbau mit einem großzügigen Bauraum. Genau so wie es der Markt fordert“, so Stefan Hampel, Geschäftsführer der Hage Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG.

Großzügiger Bauraum

Die HAGE3D 140L weist einen Bauraum von (X/Y/Z) 700 x 500 x 400 mm³ auf. Standardmäßig ist die Maschine mit zwei Druckköpfen ausgestattet, die sich optional aber erweitern lassen. Die Positionsgenauigkeit beträgt in X/Y < 0,05 mm bei einer Schichtstärke Z ab 0,05 mm, wobei eine Auftragsgeschwindigkeit (Kopfgeschwindigkeit) von bis zu 400 mm/s erreicht werden kann (Anm.: Materialabhängig). Der Düsendurchmesser kann zwischen 0,3 mm und 0,5 mm liegen, letzterer ist Standard. Die Düsentemperatur beträgt am Hot-End bis zu 450° C. Die Filamentversorgung wird durch das Hage-eigene HFFS (High Friction Feeding

System) Zuführsystem mit Filamentabfrage sichergestellt. „Wir verwenden viel Energie auf die Zertifizierung von Materialien. Wir arbeiten dabei mit Filamenten aus PEEK, PP, PPSU, PLA,



Standardmäßig verfügt der HAGE3D 140L über zwei Düsen. Diese sind optional erweiterbar. 



Stefan Hampel

Geschäftsführer der Hage Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG

Wie bewerten Sie die Marktentwicklung im Bereich der Additiven Fertigung – und welche Verfahren erwarten Sie zukünftig?

Grundsätzlich ist die Marktentwicklung durchwegs positiv zu sehen. Die Technologien sind mittlerweile für industrielle Anwendungen geeignet und erlauben verschiedenste Anwendungen. Natürlich hat jedes der additiven Verfahren seine Vor- und Nachteile, wobei das Schmelzschichtverfahren für uns die flexibelste und heute als auch zukünftig die günstigsten Stückkosten erlauben wird. Mit Kunden durchgeführte ROI-Berechnungen haben uns dies mehrfach belegt. Zudem erlaubt das Schmelzschichtverfahren noch zahlreiche weitere Innovationen.

Welche Innovationen wird es im Bereich Schmelzschichtverfahren geben?

Ein wesentlicher Treiber ist hier die Filamententwicklung. Die Additive Fertigung von bekannten Kunststoffen wie PLA, ABS aber auch PET oder Polycarbonat ist derzeit die gängige Praxis. Im Prototyping, Instandhaltungsbereich als auch für spezifische Anwendungen sind die mechanischen und thermischen Eigenschaften der erwähnten Kunststoffe sehr gut geeignet. Zudem werden fast tägliche neue Materialien als Filament auf den Markt gebracht, mitunter flexible Materialien wie TPU. Der Einsatz von Hochleistungskunststoffen wie PEEK, PSU und PPSU (Polysulfone) wird zukünftig die Anwendungsmöglichkeiten nochmals massiv erhöhen. Gleiches gilt für faserverstärkte Kunststoffe. Die Additive Fertigung von Bauteilen aus Beton, Keramik oder Metallen mittels Schmelzschichtverfahren werden in zwei oder drei Jahren verfügbar werden. Ergänzend werden die Fertigungsprozesse stabiler und dies erlaubt auch immer größer werdende Bauteile. Alle diese Punkte sind daher auch Themen für unsere Entwicklungen. Ebensoles gilt für die bereits zuletzt erwähnte Entwicklung einer fünfschichtigen Maschine.

Das klingt nach einer sehr spannenden Zukunft. Wo liegen derzeit Ihre Schwerpunkte?

Als etablierter Sondermaschinenbauer legen wir selbstverständlich hohen Wert auf den Maschinenbau der Geräte. Deswegen sind unsere aktuellen Geräte nach den Grundsätzen einer Maschine gebaut: hohe Zuverlässigkeit und Präzision sowie lange Lebensdauer. Das zeigt sich u. a. bei der Industriesteuerung unserer Maschinen, welche wir sowohl beim Modell 72I als auch beim neuen Modell 140I im

Einsatz haben. Im neuen Modell 140I setzen wir beispielsweise durchgehend Kugelgewindetriebe ein und um einige der Hochleistungskunststoffe und flexiblen Kunststoffe verarbeiten zu können, setzen wir auf ein Hotend mit einer Temperatur bis 450° C als auch auf eine neuartige Filamentvorschubtechnologie HFFS.

Sie haben ein neues HFFS-System erwähnt? Worum genau handelt es sich bei dieser Innovation?

Die HFFS Technologie ist speziell entwickelt worden, um flexible als auch Hochleistungskunststoffe stabil und zuverlässig verarbeiten zu können. Damit wird „Schlupf“ verhindert und die Fertigungsqualität beim Druckprozess ist gleichbleibend. Die HFFS Technologie ersetzt die konventionellen Extruderräder für den Filamentvorschub. Die ersten Geräte sind diesbezüglich an Kunden ausgeliefert und wir evaluieren kontinuierlich weitere kritische Materialien.

Hage steht bekanntlich für ständige Weiterentwicklung und Innovation. Welche neuen Modelle werden demnächst auf den Markt gebracht?

Alles wollen wir noch nicht verraten, aber unsere Kooperationen mit Forschungsanstalten in und außerhalb Österreichs zielen auf technische Lösungen für verschiedene Branchen ab. Und innerhalb der Industriebranchen gibt es mit der Additiven Technologie wenig Grenzen, welche wir mit unseren Lösungen nicht verschieben können. Darüber hinaus denken wir auch nach, wie additive Fertigungsverfahren als eines der Standardverfahren für Unternehmen einsetzbar gemacht werden kann. ■

ABS, PVA, HIPS, Nylon, PMMA, gefüllten Filamenten sowie flexiblen Filamenten. Wir geben diesbezüglich Materialempfehlungen ab, stellen es unseren Kunden aber frei, wo sie ihr Material beziehen“, so Hampel. Die Bauplattform des 140L ist beheizbar. Durch eine Einteilung in drei Heizzonen ist eine verbesserte Temperatursteuerung möglich.

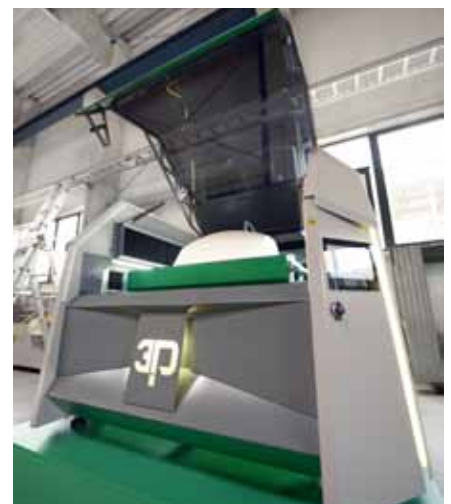
Industriesteuerung

Dass Hage für die Maschinen zur Additiven Fertigung die selben Steuerungen verwendet wie für alle anderen Maschinen und Anlagen, zeigt die konsequente Um-

setzung industrieller Standards auch in der Additiven Fertigung. Gesteuert wird das System über die eigene Hage-Software, wobei die Steirer dem Kunden die Wahl der Slicing-Software offen lassen. Über einen 7" Touch-screen kann die Maschine neben der Online-Anbindung auch im Standalone-Betrieb genutzt werden.

■ www.hage.at

Ausgestattet mit der gleichen Industriesteuerung wie andere Hage-Sondermaschinen, bietet die neue Maschine soliden Maschinenbau auf Industrieniveau.



Glühofen mit Begasungskasten.



Wärmebehandlung in der Additiven Fertigung

In der Additiven Fertigung kommen neben dem eigentlichen Bauprozess zahlreiche Wärmebehandlungen zum Einsatz. Mit über 60 Jahren Erfahrung im Industrieofenbau liefert Nabertherm auf diese Wärmebehandlung abgestimmte Öfen. Diese Übersicht zeigt die Arten der Wärmebehandlung der Additiven Fertigung und stellt die wichtigsten Ofentypen dafür vor.

Viele Verfahren der Additiven Fertigung erfordern eine anschließende Wärmebehandlung der hergestellten Bauteile. Die Anforderungen an die Öfen zur Wärmebehandlung hängen ab vom Bauteilwerkstoff, den Arbeitstemperaturen, der Atmosphäre im Ofen und natürlich vom additiven Fertigungsverfahren.

Auf den Temperaturbereich kommt es an

Anhand der Temperatur können die Öfen in vier Gruppen eingeteilt werden. Den Temperaturbereich bis 300° C decken Trockenschränke und Kammertrockner

ab, mit denen Feuchtigkeit aus der Charge entfernt werden kann. Bis 850° C kommen Umluftöfen zum Einsatz, die die Wärme durch erzwungene Konvektion über Luftumwälzung auf die Charge übertragen. Ab 850° C wird zur Wärmeübertragung die Wärmestrahlung genutzt. Diese Glühöfen erreichen Maximaltemperaturen von 1.200° C. Hochtemperaturöfen von 1.200° C bis 1.800° C erfordern abgestimmte Isolierungen und spezielle Heizelemente, die diesen Temperaturen standhalten. Da die Öfen jeder Gruppe optimal auf ihren Arbeitstemperaturbereich ausgelegt sind, sollten sie nicht außerhalb dieser

Temperaturen betrieben werden. Je nach Einsatzzweck und zu verarbeitendem Material kann es zweckmäßig sein, die Wärmebehandlung unter Schutzatmosphäre durchzuführen. Der genutzte Ofen muss dann über eine entsprechende Ausstattung verfügen oder genug Raum bieten, um mit einem Schutzgaskasten beschickt zu werden.

Arten der Wärmebehandlung

Grob können die Behandlungsarten Trocknen, Entbindern, Ausbrennen, Sintern, Aushärten und Spannungsarmglühen un-

terschieden werden. Das *Trocknen* zählt zu den vorgelagerten Prozessen. Pulverbasierte Druckverfahren erfordern eine gleichbleibende Qualität des Pulvers. Gebundene Feuchtigkeit, die bei der Lagerung vom Pulver aufgenommen wird, kann zu Qualitätsverlusten im gefertigten Bauteil führen. Durch Trocknung bei niedriger Temperatur wird die Restfeuchte aus dem Pulver entfernt. Dazu eignen sich Trockenschränke, die es in unterschiedlichen Größen und für Temperaturen bis zu 300° C gibt.

Entbindern kommt bei allen Verfahren der Additiven Fertigung zum Einsatz, bei denen in einer ersten Stufe mittels eines Bindersubstrats, meist Harze, ein Trägerpulver schichtweise zur herzustellenden Struktur gebunden wird. In der Regel folgt dem Entbindern ein zweiter Bearbeitungsschritt, bei dem das Bauteil durch Infiltrieren oder *Sintern* stabilisiert wird. Sowohl Entbindern als auch Sintern kommt in der Regel bei der Verarbeitung von Keramiken und oft auch bei Metallanwendungen vor. Beide Anwendungen benötigen die jeweils geeignete Temperatur. Für diesen Zweck kommen häufig Kombiöfen zum Einsatz, die beide Temperaturbereiche abdecken, wodurch ein Transport zwischen den Arbeitsschritten vermieden werden kann. Da beim Entbindern oft gefährliche Dämpfe entstehen, ist auf ein entsprechendes Sicherheitskonzept zu achten. Für das Sintern von Metallbauteilen wird häufig eine Schutzatmosphäre benötigt, was eine entsprechende Auslegung des Ofens erfordert. Werden für Gusszwecke verlorene Formpositive aus Kunststoff, meist PMMA oder Wachse verwendet, so werden diese zur Gussvorbereitung in einen Keramikschränker getaucht und anschließend ausgebrannt oder mit Gips oder Silikon ummantelt (Anm.: abhängig vom Temperaturbereich des zu vergießenden Materials und dem Material der Urform). Auch beim

Ausbrennen ist ein ganz klar definierter Temperaturbereich unabdingbar, um einerseits für ein vollständiges, rückstandsloses Verbrennen oder Ausfließen des formgebenden Materials zu sorgen, und andererseits die umgebende Formhülle nicht zu beschädigen. Zudem ist auch beim Ausbrennen darauf zu achten, dass gefährliche oder gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen können. Schließlich sind auch noch die beiden Anwendungen Aushärten und Spannungsarmglühen als Nachfolgeprozess zu erwähnen. Das *Spannungsarmglühen* ist bei den meisten Verfahren erforderlich, bei denen ein hoher Energieeintrag durch Laserstrahl oder Elektronenstrahl erfolgt. Seien es durch SLM-Verfahren oder Direct Laser Metal Deposition entstandene Werkstücke, in beiden Fällen ist meist ein Spannungsarmglühen erforderlich, um die entstandenen Werkstückspannungen zu minimieren oder zu beseitigen. Das *Aushärten* oder *Curing* kommt überall dort zum Einsatz, wo das Baumaterial nach dem eigentlichen Bauprozess zwar schon stabil ist, aber über eine Wärmebehandlung in den finalen Werkstoffzustand versetzt werden muss. Das trifft meist dann zu, wenn der Bauprozess auf einer Polymerisation oder dem chemischen Abbinden mehrerer Substanzen aufbaut. In beiden Fällen ist meist ein eng definierter Temperaturbereich einzuhalten, um die gewünschten Werkstoffeigenschaften zu erzielen.

Abgestimmte Lösung erforderlich

Die Wärmebehandlung ist wichtiger Bestandteil des additiven Fertigungsprozesses und muss bei der Anschaffung von Maschinen zur Additiven Fertigung berücksichtigt werden. Die Auswahl eines geeigneten Ofens hängt von der Temperatur, dem verwendeten additiven Fertigungsverfahren, dem Material des Bauteils sowie der Art der Wärmebehandlung ab.



Ofen zum Wachs ausschmelzen: NB 300/BOWAX mit Auffangschublade und Gasbeheizung.

Nabertherm als einer der weltweit führenden Hersteller von Standardöfen und maßgeschneiderten Ofenkonzepten bietet auch für die Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile das für den spezifizierten Prozess erforderliche Ofenkonzept. Die Projekt Ingenieure von Nabertherm ermitteln in einem ausführlichen Auswahlprozess mit dem Kunden den Bedarf und erarbeiten ein Konzept zur Wärmebehandlung. Ergebnis ist ein optimal auf die jeweilige Anforderung abgestimmtes Ofensystem, damit die Endprodukte mit der gewünschten Qualität zuverlässig produzieren können.

■ www.nabertherm.de

Firmeninfo

Die Nabertherm GmbH produziert Industrie- und Laboröfen im Temperaturbereich von 300° C bis 3.000° C. Das 1947 gegründete Unternehmen beschäftigt 450 Mitarbeiter und fertigt am Hauptsitz und Fertigungsstandort in Lilienthal bei Bremen jährlich etwa 7.500 Öfen. Nabertherm ist weltweit mit Vertriebsgesellschaften in USA, Schweiz, Frankreich, China, UK, Italien und Spanien vertreten.



„Bei der Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile muss ein optimal auf den Prozess abgestimmter Ofen eingesetzt werden. Aufgrund unserer langjährigen Erfahrung können wir auf bewährte Lösungen in unserem Standardprogramm zugreifen.“

Daniel Schneider,
Project Manager bei der Nabertherm GmbH



links Bibus präsentierte sich auf der Intertool in Wien als Gesamtlösungsanbieter für Additive Fertigung mit einem breit gefächerten Angebot an Maschinen und Zusatztools.

unten Der ProJet MJP 2500 feierte mit Bibus auf der Messe seine Österreich-Premiere.

Bibus Austria stellt auf der Intertool den Weg vom Modellscan bis zum 3D-Druck vor:



Additive Designprozesse erlebbar gemacht

Mit einer umfangreichen Ausstattung an Softwarelösungen, Geräten und Maschinen präsentierte sich die Bibus Austria GmbH auf der diesjährigen Intertool in Wien als kompetenter Ansprechpartner für die Additive Fertigung. Der neue ProJet MJP 2500 von 3D Systems feierte dort auch seine Österreichpremiere.

Autor: Georg Schöpf / x-technik

Mittlerweile zählt die Bibus Austria GmbH aus St. Andrä-Wöden zu den festen Größen im österreichischen Markt für Additive Fertigung. So präsentierte sich das Unternehmen auf der Intertool, die vom 10. bis 12. Mai in Wien stattfand, auch mit einem großen Aufgebot an Lösungskomponenten zu diesem Thema.

Österreichpremiere für neue Maschine

Highlight auf dem Messestand war sicherlich auch die neue ProJet® MJP 2500 Maschine von 3D Systems, die erstmals in Österreich gezeigt wurde. Es handelt sich dabei um einen Multijet Printer, der sich durch besondere Präzision im Druckergebnis auszeichnet. Bei einem Bauraum von 295 x 211 x 142 mm³ (X/Y/Z) bietet das System eine Auflösung von 800 x 900 x 790 dpi (X/Y/Z), was einer Schichtstärke von 32 µm entspricht. Das allein macht die Maschine aber noch nicht zur Produktionsmaschine. Auch hinsichtlich Produktivität und Betriebskomfort hat sich der Hersteller 3D Systems an den Anforderungen der Industrie orientiert. Sowohl die Behälter für das Baumaterial als auch die Behälter

für das Supportmaterial liegen in doppelter Ausführung vor und können automatisch umgeschaltet werden. Das bedeutet, dass bei der neuen MJP 2500 ein 24/7 Betrieb nun problemlos möglich ist. Auch was die Auswaschzeiten für das Supportmaterial angeht, sind lediglich 30 Minuten ein durchaus vielversprechender Wert. Das System kann unterschiedliche VisiJet® M2-Werkstoffe verarbeiten und bietet vom stabilen über flexiblen Werkstoff bis hin zum transluzenten Material verschiedene Optionen. Die kompakten Außenabmessungen machen eine Nutzung der Maschine auch in Office-Umgebungen und Entwicklungsbüros problemlos möglich. Außerdem zeichnet sie sich durch die schnelle Inbetriebnahme als wirkliche Turn-Key-Lösung aus.

Datengenerierung leicht gemacht

Oftmals kommt man nicht umhin, vorhandene Geometrien, die nicht in Form von 3D-Daten vorliegen, vom bestehenden Bauteil abzunehmen. Auch dafür bietet Bibus eine Lösung von 3D Sys-



Mit dem Sculpt touch ist die intuitive Erstellung von 3D-Geometrien auch für den technisch weniger versierten Anwender problemlos möglich.

Große Materialvielfalt



1000 x 800 x 600 mm

Der X1000
Made in Germany

Großraum-
3D-Drucker

Industriestandard

Hohe Prozesssicherheit

German
RepRap | 
www.germanreprap.com



Video zum MJP 2500
[www.additive-fertigung.at/
video/122422](http://www.additive-fertigung.at/video/122422)



tems an. „Schon manches Mal standen unsere Kunden vor der Anforderung, dass zwar ein Bauteil verfügbar war, aber die Daten dafür nicht“, erzählt Daniel Kopp, Produktmanager Additive Fertigung bei Bibus. „Da ist es sehr vorteilhaft, eine Lösung für das Scannen von Objekten mit anschließender Geometrierückführung zur Verfügung zu haben. Mit Geomatic Capture ist es nicht nur möglich, die Geometrie zu scannen, sondern auch über Geomatic Control mit CAD-Daten zu vergleichen, was das System zu einem hervorragenden Werkzeug für die Qualitätssicherung macht“, ergänzt er. Der Geomatic Capture besteht aus einem 3D-Scanner, einer Drehscheibe sowie der erforderlichen Software und ist in zwei verschiedenen Ausführungen erhältlich. Mit der Software lassen sich die aufgezeichneten Geometriedaten problemlos aus unterschiedlichen Ansichten zusammenführen und in ein STL-File umwandeln, oder über Geomatic Design X direkt an Siemens NX, PTC creo, Autodesk Inventor oder SolidWorks übergeben.

Design in der Hand

Aber auch für die Erstellung von Designvorlagen hat Bibus eine Lösung im Portfolio. Wer nicht im Umgang mit CAD-Systemen versiert ist, hat es oft schwer, einfach an 3D-Daten zu kommen. „Für diesen Zweck ist die Kombination aus Geomagic

Sculpt, einer Software für die intuitive Erstellung von 3D-Geometrien in Verbindung mit dem Geomagic Touch, einem haptischen Eingabedevise, bestens geeignet. Der Geomagic Touch verhält sich wie ein Stift, der über eine Mechanik im Raum bewegt wird und so das Bearbeiten eines virtuellen Modells am Bildschirm ermöglicht. Dabei liefert das Gerät ein physikalisches Feedback. Man spürt den Widerstand, wo Material ist und kann so punktgenau am Modell arbeiten, wie an einem realen Werkstück“, erklärt Bernd Tröster, Geschäftsführer von Bibus Austria.

■ www.bibus.at

3D – Demo Days bei Bibus Austria

**20. bis 23. Juni 2016 im Showroom der
BIBUS Austria GmbH in 3423 St. Andrä –
Wördern**

- Fertigung individueller Bauteile für Klein- und Mittelbetriebe
- Scan- und Softwarelösungen
- Live Scannen mit Flächenrückführung und Soll – Ist Vergleich

**Terminvereinbarung unter:
Tel. +43 2242-33388-0 oder
mos@bibus.at**



“ Mit den Systemkomponenten, die wir auf der Messe gezeigt haben, bieten wir eine durchgängige Lösungskette für die Erstellung von 3D-Daten bis zum Druck der fertigen Modelle. Trotzdem ist es wichtig, sich den jeweiligen Anwendungsfall genau anzusehen und die geeigneten Komponenten auszuwählen, um im Tagesgeschäft produktiv arbeiten zu können.

Ing. Mag. Bernd Tröster, Geschäftsführer Bibus Austria GmbH



Reinigungskabine SFM02-AT800 für die automatische und manuelle Reinigung großer Bauteile. Beim Reinigungsprogramm sind u. a. Laufzeit und Verfahrensgeschwindigkeit einstellbar – ebenso die Frequenz und Intensität der Schwingungsanregung während des laufenden Automatikbetriebes.

Automatisierte Reinigungskabinen für SLM-Bauteile

Bei der Herstellung von Bauteilen im Laserschmelzverfahren befindet sich nach Abschluss des Bauprozesses das Werkstück in einem dichten Pulverkuchen. Das Auspacken des Werkstückes aus dem Restmaterial ist aufgrund des feinen Pulvers nicht unproblematisch. Um auch diesen Nachfolgeprozess im industriellen Einsatz besser managen zu können, hat die Solukon Maschinenbau GmbH eine automatische Entpackstation für Laserschmelzteile entwickelt.

Solukon steht als Unternehmen für pfiffige und hochwertige Systemlösungen – u. a. im Bereich der Lebensmitteltechnik und Verpackungstechnik. Bei der Entwicklung additiver Fertigungssysteme besitzt das Solukon-Team langjährige Erfahrung durch die ehemalige Mitarbeit bei einem großen Hersteller für industrielle 3D-Druckanlagen. Dabei steht seit jeher auch die Entwicklung leistungsfähiger Peripheriegeräte wie Auspackstationen, Reinigungskabinen sowie Pulverhandlungssysteme für additive Fertigungsprozesse im Fokus. Im November 2015 lieferte Solukon zum ersten Mal eine automatisierte Reinigungsanlage für

große strahlgeschmolzene Metallbauteile an die Konzernzentrale eines renommierten Autobauers. Mit der Entwicklung dieser Reinigungsanlage – der SFM02-AT800 – erfuhr das Postprocessing einen wesentlichen Schritt in Richtung der industriellen additiven Produktion.

Anlass für die Entwicklung einer automatisierten Reinigungskabine waren die schwere Handhabbarkeit von großen, strahlgeschmolzenen Metallbauteilen sowie die Gefahren, die durch frei werdendes Pulvermaterial im Reinigungsprozess entstehen können. Nach dem Bauprozess

muss das Bauteil samt der angebundenen Stützstrukturen und der Bauplattform vom ungebundenen Partikelmaterial im Baubehälter befreit werden. Dieser Vorgang wird als Auspacken bezeichnet und erfolgt manuell über Saugen und Freiräumen. Nach dem Auspacken wird das Bauteil samt Stützstrukturen von der Bauplattform z. B. durch Sägen entfernt, um anschließend die Stützstrukturen vom Bauteil selbst entfernen zu können. Im Regelfall sind die Stützstrukturen feine Gitterwerke, in denen nach dem Auspacken noch reichlich ungebundene Partikelmaterialreste enthalten sind. Beim Abtrennen des Bauteils von der



Andreas Hartmann und Dominik Schmid, Gründer und Geschäftsführer von Solukon.

Kurzinfos zum Unternehmen

Solukon wurde 2012 im schwäbischen Stadtbergen bei Augsburg gegründet – mit dem Ziel, innovative und individuelle Lösungen im Sondermaschinenbau anzubieten. Seither liefert das Unternehmen maßgeschneiderte Lösungen und Anlagen wie z. B. automatisierte Auspackstationen und Reinigungskabinen.

www.solukon.de

Bauplattform wird dieses Partikelmaterial freigesetzt.

Risikominimierung beim Entpacken und Reinigen

Die feinen Metallpulver bergen dabei oft unterschätzte Risiken. Bei Kontakt und Aufnahme feinsten Partikelmaterialien bestehen je nach verarbeitetem Material gesundheitliche Gefahren. Beim Aufwirbeln feinsten Partikelmaterialien aus z. B. Aluminium oder Titan zu Staubwolken können explosionsfähige Atmosphären

entstehen. Die Reinigungsanlage SFM02-AT800 wurde konzipiert, um Metallbauteile mit Abmessungen bis zu 800 x 400 x 550 mm (X/Y/Z inkl. Bauplattform) automatisiert, sicher und effizient zu reinigen. Die Reinigung erfolgt innerhalb einer dichten Prozesskammer mit räumlichem Schwenken des Bauteils, gezielter Schwingungsanregung und manuellem Abblasen nach einem Reinigungsprogramm. Im Reinigungsprogramm werden mittels einer 3D-Schwenkvorrichtung die Bauteile samt Bauplattform kontinuierlich um zwei Achsen geschwenkt. Dadurch werden auch

komplexe Hohlräume, Hinterschnidungen und Stützstrukturen restlos von ungebundenem Baumaterial befreit. Beim Reinigungsprogramm kann der Bediener u. a. die Laufzeit und Verfahrensgeschwindigkeit einstellen – die Frequenz und Intensität der Schwingungsanregung ist auch während des laufenden Automatikbetriebs frei wählbar.

Geschlossener Materialkreislauf

Das durch das Reinigen anfallende Partikelmaterial wird in einem Trichter →

AMX

Additive Manufacturing Expo

am-expo.ch



20. und 21. September 2016
Messe Luzern

**WERDEN SIE
AUSSTELLER**

AM
WICHTIGSTEN
EVENT MIT

100%

► ADDITIVER
FERTIGUNG
► SERIEN-
FERTIGUNG

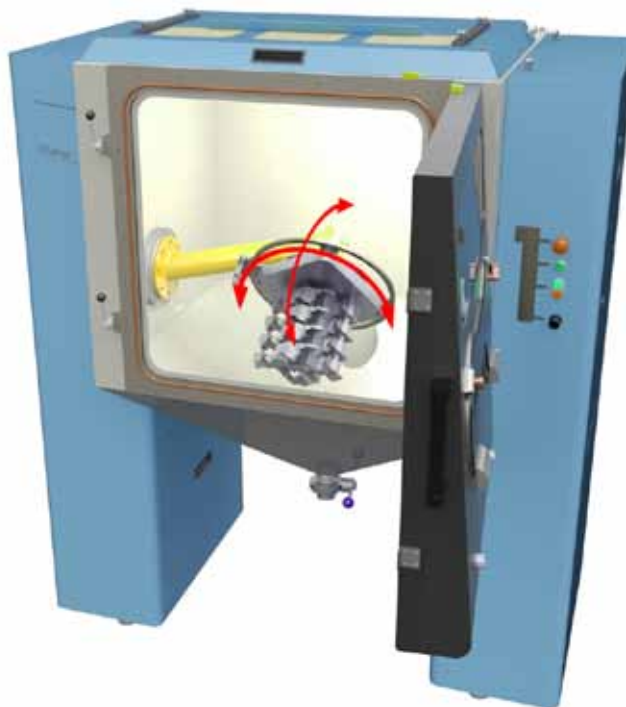
Die Fachmesse mit dem einzigartigen addAM[®] Concept.

gesammelt und über Schleusen in Spezialgebinde abgefüllt. So entsteht ein geschlossener Materialkreislauf auch in inerter Atmosphäre. Zusätzlich kann der Materialtransport mit einem pneumatischen oder mechanischen Fördersystem erfolgen.

Nach der automatischen Reinigung kann das Bauteil über Handschuheingriffe mit Druckluft oder Inertgas endgereinigt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, das Bauteil auch im Tipfbetrieb in die gewünschte räumliche Position zu fahren. Durch einen schonenden Reinigungsvorgang wird die Entstehung von Staubwolken verhindert. Optional können entstehende Stäube abgesaugt werden. Zur Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre ist die Prozesskammer zündquellenfrei aufgebaut und kann zusätzlich mit Schutzgas inertisiert werden. Diese Inertisierung wird mit Sensoren überwacht.

Robuster Aufbau – einfache Bedienung

Die Mechanik in der Kammer ist während der Reinigungsprozesse ständig dem feinen und abrasiven Partikelmaterial ausgesetzt. Um Verschleiß vorzubeugen, werden eine robuste Mechanik und spezielle Dichtungstechnik sowie Sperrgassysteme eingesetzt – alle Verschleißteile sind austauschbar. Durch diesen instandhaltungsfreundlichen Aufbau kann ein zuverlässiger industrieller Betrieb auch unter harten Bedingungen sichergestellt werden. Um Kontakt mit dem Partikelmaterial zu vermeiden, wird zum Transport zwischen Produktionsanlage und Reinigungskabine ein speziell entwickeltes Rahmen-Beutelsystem eingesetzt. Die Beladung schwerer



Innenansicht einer SFM02-AT300. Das Bauteil kann in jeder räumlichen Stellung positioniert werden. Durch Frequenzanregung lösen sich die Materialreste aus dem Bauteil und sammeln sich im trichterförmigen Boden der Kammer. Über Schleusen kann das Material zur Wiederaufbereitung abgelassen werden.

Bauteile (bis etwa 300 kg) erfolgt mit einem Kran über eine automatisch öffnende Dachklappe. Leichtere Bauteile (bis etwa 60 kg) können über eine geräumige Fronttür beladen werden. Um eine hohe Dichtigkeit der Prozesskammer zu gewährleisten, sind alle Öffnungen mit doppelter Dichtung ausgestattet.

Von Reinigungskabine für leichtere Bauteile bis bahngesteuerte Bewegungsabläufe

Für kleinere und leichtere Bauteile bietet Solukon die einfachere Reinigungskabine SFM02-AT300 an. Diese Anlage verfügt über einen feststellbaren Drehteller, auf dem das Bauteil befestigt wird. Im Automatikbetrieb wird dieser Drehteller dann kontinuierlich um eine horizontale Achse gedreht und mit Schwingung angeregt. Nach dem automatischen Reinigungsprozess kann das Bauteil über Handschuheingriffe manuell abgelassen werden. Für die

einfache automatische Reinigung ohne manuelles Abblasen bietet sich das System SFW-M an. Hier wird ein Bauteil (bis etwa 60 kg) um eine Achse geschwenkt und gerüttelt. Das frei werdende Material wird in einem Trichter gesammelt und kann über Schleusen zur Wiederverwendung abgelassen werden.

Durch den Verzicht auf die manuelle Reinigung ergibt sich ein kompaktes Gerät mit einfacher Bedienung. Alle Systeme können entweder in Ausführung mit kontinuierlicher Entstaubung oder mit Schutzgasinertisierung ausgestattet werden. Für die Zukunft plant Solukon bahngesteuerte Bewegungsabläufe der Bauteile im Reinigungsprogramm, die direkt der Bauteilgeometrie angepasst sind. So kann Restmaterial dann auch aus komplexen mehrgängigen Innenkanälen rückstandlos entfernt werden.

■ www.solukon.de



“ Durch die intelligente Überwachung von Prozess und Bedienung werden höchste Sicherheitsstandards erreicht. Der durchdachte Prozessablauf von der Beladung bis zur manuellen Endreinigung sichert komfortables und wirtschaftliches Arbeiten.

Andreas Hartmann, Gründer und Geschäftsführer von Solukon

Innovativer Familienbetrieb auf Zukunftskurs:

Vorkammerbuchsen für optimale Kühlung

Als Visionärsbetrieb gibt es für die Jell GmbH & Co. KG nur eine relevante Messlatte: intelligente und wirtschaftliche Lösungen zu kreieren. Natürlich auf höchstem Niveau! Mit ihrer neuesten Innovation der blueffect® Vorkammerbuchse ist es dem Familienbetrieb gelungen, eine neue und wegweisende Systemlösung für außerordentlich hochwertig gekühlte Formeinsätze für Spritzgießanwendungen zu schaffen.

Gegründet im Jahr 1987, hat sich die Firma Jell stetig weiterentwickelt, sich am Markt als innovativer Dienstleister etabliert und mit den bisher drei Geschäftsbereichen Konstruktion, Werkzeugelemente und Mould-Controlling das Wachstum des Unternehmens vorangetrieben.

Seit Mitte 2016 werden die Kompetenzen der drei Geschäftsfelder unter der Dachmarke Jell GmbH & Co. KG gebündelt. So umfasst das Unternehmen mit Konstruktion, Produktentwicklung, Metall-Lasersintern, Simulation und Mold-Controlling fünf starke und ineinandergreifende Geschäftsfelder. Treibende Kraft war und ist dabei der Initiator und Vater der Jell Group, Gerhard Jell, der mit seinen bei-

den Söhnen Gregor und Thaddäus den Kern der Firma bildet.

Vorkammerbuchse als Systemlösung

Die Systemlösung blueffect® sorgt dank eines speziell entwickelten Herstellprozesses für eine individuelle und gleichzeitig stabile Kühlung. Die Vorkammerbuchse erhöht die Prozesssicherheit, Standzeiten sowie Qualität im Spritzguss und ist „ab Lager“ sofort verfügbar. So machen Sie Ihre Kunststoffteile präziser, Werkzeuge leistungsfähiger und sind somit optimal für die Märkte der Zukunft gerüstet.

■ www.jell-werkzeugelemente.de



Neue Wege im Fertigungsprozess.
Die additiv hergestellte
blueffect® Vorkammerbuchse für
Spritzgusswerkzeuge ist „ab Lager“ sofort
verfügbar.



V.l.n.r.: Gregor Jell, Gerhard Jell, Thaddäus Jell



Neue ConceptLaser M2 im Einsatz

Die Jell Group hat ihre Systemausstattung für die Additive Fertigung erweitert. Seit Dezember 2015 betreibt die Jell-Werkzeugelemente eine M2 Laserschmelzanlage von ConceptLaser. Mit einem Bauraum von (X/Y/Z) 250 x 250 300 mm³ dient die neue Anlage vorrangig zur Herstellung von Aluminium-Bauteilen (Leichtbau und Formen).



Die VX4000, das größte industrielle 3D-Drucksystem für Sandformen, nimmt den Betrieb in den USA auf.

Größtes 3D-Drucksystem in den USA in Betrieb genommen:

Wenn Gussformen nicht mehr gebaut sondern gedruckt werden

voxeljet forciert den Wachstumsmarkt USA und nimmt jetzt das größte 3D-Drucksystem in Michigan in Betrieb. Mit dem 3D-Drucker VX4000 unterstreicht einer der führenden Anbieter von großformatigen 3D-Druckern und On-Demand-Teile-Dienstleistungen seine wichtige Position auf dem US-Markt. Als Direktabnehmer profitiert vor allem die amerikanische Gießereiindustrie davon. Mit 3D-Druckern lassen sich z. B. große Lauf- und Turbinenräder am Stück herstellen – und das in der Regel in kürzerer Zeit und kostengünstiger als mit traditionellen Verfahren.

Laut Hersteller verfügt kein anderes 3D-Drucksystem für Sandformen weltweit über ein größeres, zusammenhängendes Bauvolumen. Der Bauraum entspricht mit 4.000 x 2.000 x 1.000 mm³ (L x B x H) ungefähr Golfgröße. „Der Markt für Gussteile in den USA war schon immer auf Größe ausgerichtet. Wir stellen mit der VX4000 aber nicht nur die größten Sandformen der Welt her, wir können diese auch mit kleineren Formbauteilen kombinieren. Die sich daraus ergebende Flexibilität sorgt für schnelle Lieferzeiten und eine kosteneffiziente Produktion“, so David Tait, Managing Director von voxeljet America, über die erweiterten Kapazitäten des voxeljet Maschinenparks in den USA und den dortigen Dienstleistungsumfang.

Druckverfahren speziell für große Bauformen angepasst

Die VX4000 ist sehr schnell und dabei noch einfach zu bedienen. Der riesige 3D-Drucker erlaubt neben der kostengünstigen Produktion von sehr großen Einzelformen

auch die Herstellung von Kleinserienbauteilen oder die Kombination aus beidem. Darüber hinaus werden stabile Seitenwände mitgedruckt, d. h., die Größe des Baufeldes kann flexibel angepasst werden. Bei keinem vergleichbaren System lässt sich derart die Baugeschwindigkeit an das Bau-



“Der Markt für Gussteile in den USA war schon immer auf Größe ausgerichtet. Wir stellen mit der VX4000 aber nicht nur die größten Sandformen der Welt her, wir können diese auch mit kleineren Formbauteilen kombinieren.

David Tait, Managing Director von voxeljet America



Hier wird die VX4000 in Betrieb sein: voxeljet America in Michigan.

volumen anpassen. Ein weiterer Clou: Das Schichtbauverfahren wurde für diesen Drucker speziell angepasst. Die Bauplattform wird während des Druckprozesses nämlich nicht abgesenkt, sondern der Druckkopf hebt sich mit jeder Schicht an. So wird das große Gewicht der Bauplattform ohne Weiteres getragen – und diese kann über eine Schiene schnell ausgetauscht werden. Dadurch ist ein nahezu permanentes Drucken möglich. Die Formen entstehen durch den schichtweisen Auftrag des Partikelmaterials Quarzsand, der mit einem Binder selektiv verklebt wird. Nach dem Druckprozess muss die Form nur noch entpackt, also vom überschüssigen Sand befreit werden. Da die Sandformen direkt aus den CAD-Daten

entstehen, setzen sie Maßstäbe in puncto Detailreichtum und Präzision.

Den Markt für 3D-Druck in den USA erobern

Zwar hat sich voxeljet auf die Additive Fertigung für die Gießereiindustrie spezialisiert, doch kann im Prinzip jedes Unternehmen von der voxeljet Technologie profitieren – einzige Voraussetzung: es befasst sich mit dem Thema Guss, etwa indem es Gussteile konstruiert, verarbeitet, einsetzt oder optimiert. Mit der Entscheidung, die VX4000 auch in den Vereinigten Staaten einzusetzen, komplettiert voxeljet dort sein Service-Angebot für den On-Demand-3D-Druck großer Sandformen. „Wir haben uns entschieden, unser größtes Drucksystem in den USA zu platzieren, um die gewachsene Nachfrage auf dem US-Markt direkt vor Ort bedienen zu können. Durch ein breites Portfolio aus Maschinen, Materialien und Prozessen möchten wir unseren wichtigsten Wachstumsmarkt nachhaltig stärken“, beschreibt Rudolf Franz, Vorstand der voxeljet AG, das große Potenzial des US-Marktes. Von dieser High-End-Technologie profitieren mittelbar vor allem die Automobilindustrie, der Sondermaschinenbau und das Ersatzteil-Geschäft.

■ www.voxeljet.de

Vorteile des 3D-Drucks von Sandformen und -kernen auf einen Blick

- Wirtschaftliche Produktion: Sandformen und -kerne werden am Stück gedruckt, ohne aufwendige und teure Werkzeugherstellung.
- Großformatiger Druck: Große Formen können auf einer Bauplattform (L x B x H) von 4.000 x 2.000 x 1.000 mm³ produziert werden.
- Schnelle Verfügbarkeit: Expresslieferung in nur drei Arbeitstagen möglich.
- Komplexe Bauteile: nahezu keine Grenzen bei der Geometrie – sogar Hinterschnidungen können umgesetzt werden.
- Präzise Sandformen und -kerne mit hoher Oberflächenqualität: durch nur 300 µm dünne Quarzsandschichten.
- Gießereibliche Materialien: Quarzsand und Furanharz mit serienvergleichbaren Form- und Gusseigenschaften.
- Geeignet für den Sandguss aller vergießbaren Metalle wie Aluminium, Messing, Magnesium, Grau- und Stahlguss sowie für alle gängigen Legierungen.
- Kombinationen möglich: 3D-gedruckte Kerne lassen sich mit traditionellen Sandformen kombinieren und umgekehrt.
- Einfaches Entkernen: Durch den niedrigen Bindergehalt ist das Verhalten beim Ausgasen und Entkernen vergleichbar mit traditionellen Verfahren.
- Ideal zur Prototypenherstellung und Werkzeugoptimierung: Entwicklung und Verbesserung von beispielsweise Werkzeugen mithilfe des 3D-Drucks ist schneller, flexibler und wirtschaftlicher.



Auf geht's nach Übersee: Die VX4000 wird in Deutschland auf einen Spezialtransporter verladen.



“ Wir haben uns entschieden, unser größtes Drucksystem in den USA zu platzieren, um die gewachsene Nachfrage auf dem US-Markt direkt vor Ort bedienen und unseren wichtigsten Wachstumsmarkt nachhaltig stärken zu können.

Rudolf Franz, Vorstand der voxeljet AG



Stereolithografierteile aus Epoxidharz.



25 Jahre Rapid Prototyping

Die z-werkzeugbau-gmbh zählt im Bereich High-End-Finish und Oberflächenveredelungen zu den Top-Unternehmen des Landes. Die Business Unit Rapid Prototyping wird seit 2005, nach der Loslösung des kompletten Werkzeugbaus aus der Zumtobel-Gruppe, unter dem Namen z-prototyping geführt. Stereolithografie und Vakuumguss sind dabei Markenzeichen des Unternehmens und Teil der Spezialisierung, um im ständig steigenden Wettbewerb zu bestehen bzw. an der Spitze zu sein.

Das Unternehmen z-werkzeugbau-gmbh mit dem Geschäftsbereich z-prototyping in Dornbirn in Vorarlberg ist eines der Urgesteine im Bereich Rapid Prototyping in Europa. Als das Unternehmen noch als Zumtobel-Werkzeugbau im Zumtobel Konzern eingegliedert war, wurde mit dem Ankauf der Stereolithografieanlage SLA 500 (Anm. der Redaktion: die Erste in Österreich!) der Grundstein für diese Pioniergeschichte geschrieben.

Während man in den ersten Jahren noch mit den technologiebedingten Herausforderungen hinsichtlich Fertigung und Umgang des Acrylat-Epoxidharz-Gemi-

sches zu kämpfen hatte, konnte sich das Unternehmen schnell zum Know-how-Träger für die Stereolithografie etablieren – und bald wurde die „Zumtobel-Qualität“ ein Markenzeichen innerhalb der Rapid Prototyping-Szene.

In den Jahren darauf wurde der Wettbewerb immer größer und viele neue Unternehmen stiegen in die sehr schnell wachsende Rapid Prototyping Branche ein. Aufgrund der Pionierarbeit und dem angesammelten Know-how im Bereich der Stereolithografie ergänzte Zumtobel-Werkzeugbau das Produktportfolio mit dem Vakuumguss-Verfahren. Das

hochpräzise STL-Urmodell ist für die Vervielfältigung im Vakuumguss mit Silikonformen eine Grundvoraussetzung für perfekte Qualität. Das Angebot an die Kunden wurde mit Kunststofflaser-sintern (SLS) und Rapid Tooling (Spritzgussteile aus Aluminiumwerkzeugen) weiter ergänzt.

Nach 20 Jahren wurde im Jahre 2005 der komplette Werkzeugbau aus der Zumtobel-Gruppe herausgekauft und die z-werkzeugbau-gmbh gegründet. Die Business Unit Rapid Prototyping wird seitdem unter dem Namen z-prototyping geführt.

Spezialisierung als Wettbewerbsvorteil

Alexander Kainrath, Geschäftsführer der Business Unit z-prototyping, dazu: „Wir haben uns über die letzten 25 Jahre sehr viel Erfahrung in den unterschiedlichsten Technologien und Verfahren angeeignet und uns mit hoher Präzision und Wertschöpfung im Bereich High-End-Finish und Oberflächenveredelungen eine zielgerichtete Marktposition erarbeitet und besetzt. Es kommt uns kundenseitig und auch technologiebedingt nicht auf Quantität sondern auf Qualität an. Deshalb haben wir unser Bestreben



„Wir haben unser Bestreben nicht vordergründig dem Wachstum verschrieben, sondern sind durch Spezialisierung wie z. B. auf Stereolithografie und Vakuumguss zu einer „Edelschmiede“ im Rapid Prototyping geworden. Wir sind die Anlaufstelle für Firmen und Kunden mit höchsten Ansprüchen an Qualität und Präzision auf der Suche nach dem perfekten bzw. seriennahen Prototypen.“

Alexander Kainrath, Geschäftsführer Business Unit z-prototyping, z-werkzeugbau-gmbh



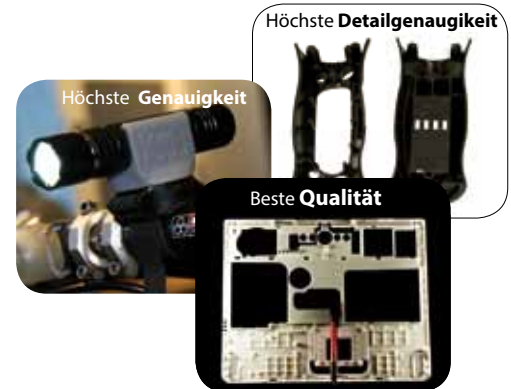
BDSYSTEMS

AUTHORIZED RESELLER

Einfache Bedienung Genauigkeit SLA® Qualität



ProJet® 6000 & ProJet® 7000 Professional 3D Drucker



- Höchste Genauigkeit von allen 3D Drucktechnologien
- Anspruchsvolle Fertigungsanwendungen
- Größte Bandbreite funktioneller Materialien
- Schnelle Materialwechsel ohne Materialverlust
- Schnell und günstig Funktionsteile fertigen
- Breitestes Anwendungsspektrum

MANUFACTURINGTHEFUTURE

BIBUS®

SUPPORTING YOUR SUCCESS

www.bibus.at



Transparentes Stereolithografierteil.

im vergangenen Vierteljahrhundert nicht vordergründig dem Wachstum verschrieben, sondern sind durch Spezialisierung wie z. B. auf Stereolithografie und Vakuumguss zu einer „Edelschmiede“ im Rapid Prototyping geworden. Wir sind die Anlaufstelle für Firmen und Kunden mit höchsten Ansprüchen an Qualität und Präzision auf der Suche nach dem perfekten bzw. seriennahen Prototypen. Als Business Unit der z-werkzeugbau-gmbh haben wir zusätzlich den großen Wettbewerbsvorteil, dass wir intern viele Servicestellen nutzen und damit unsere Organisation sehr schlank halten können. Das schlägt sich in einer sehr attraktiven Preisgestaltung nieder – und das schätzen unsere Kunden neben der hohen Qualität, Liefertreue und Beratung vor Ort natürlich sehr.“

Höchste Präzision mit Stereolithografie

Stereolithografie ist das präziseste generative Herstellungsverfahren im Kunststoffprototypenbereich. Durch

die Detailgenauigkeit und Maßhaltigkeit können hochpräzise Bauteile hergestellt werden. Durch die sehr gute Bearbeitbarkeit des Epoxidharzes kann durch manuelles Schleifen und Polieren der Teile ein Höchstmaß an Präzision und Oberflächenqualität erreicht werden. Durch weitere Prozessschritte, wie z. B. Lackieren, Bedrucken oder Aluminiumbedampfen, bietet sich ein großes Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten. Eingesetzt kann der Prototyp als Design oder Funktionsmuster u. a. für Messezwecke oder als Entscheidungsgrundlage für die Realisierung eines Produktes in der Großserie werden.

Prädestiniert ist die hohe Präzision des Stereolithografieverfahrens auch für den Einsatz im Vakuumguss. Das Vakuumgießverfahren bietet neben der Möglichkeit der kostengünstigen Vervielfältigung von STL-Teilen, vor allem für die Fertigung von Prototypenteilen mit hohen Anforderungen an die Materialeigenschaften und der Oberflächen, eine ideale Ergänzung zum STL-Verfahren. ➔



Vakuumgießteile in 2-Komponenten-Ausführung.

Hohe Materialvielfalt beim Vakuumgießen

Auf dem gefinishten STL-Urmodell wird die Formtrennung aufgebracht und anschließend in einen speziellen Formkasten mit Silikon eingegossen. Unter Vakuum wird diese Form dann evakuiert und in einem Wärmeofen ausgehärtet. Nach dem Aufschneiden der Form wird diese für das Abgießen der Bauteile vorbereitet. Unter Vakuum werden dann die Bauteile aus PU-Gießharz gefertigt und dann wieder im Wärmeschränk ausgehärtet. Je nach Ausführung und Einsatzzweck werden die gegossenen Teile noch nachgearbeitet oder für weitere Prozessschritte vorbereitet.

Die große Materialbandbreite an PU-Gießharzen bietet nahezu unerschöpfliche Möglichkeiten, um seriennahe Prototypenteile hinsichtlich Materialeigenschaften, Farben und Oberflächen herzustellen. Es lässt sich mittlerweile jeder Thermoplast von den Materialeigenschaften her mit einem vergleichbaren PU-Gießharz nachstellen. Die Materialien können nach individuellem Farbwunsch eingefärbt oder in transparenter bzw. auch in einer beliebig transluzenten Ausführung angefertigt werden. Meist kann das Urmodell bereits mit einer Oberflächenstruktur (Strukturlackierung gemäß VDI 3400) versehen werden. Die gegossenen Teile müssen dann nicht mehr nachträglich lackiert werden.

Mit speziellen PU-Gießharzen können Gummimaterialien nachgestellt werden, wobei durch das Mischen der einzel-



Prototyp oder schon Serie?

nen Komponenten PU-Gummi mit einer Shore A Härte von 30 bis 90 hergestellt werden können. Für sehr hohe Temperaturanforderungen kann auch Silikon mit einer Shore A Härte von wahlweise 45 oder 60 in speziellen STL-Formen abgegossen werden.

2-Komponenten-Technologie möglich

Neben den vielen Möglichkeiten hinsichtlich Material- und Farbwünschen der Kunden können auch Bauteile mit 2-Komponenten-Technologie gefertigt werden. Entweder wird die Weichkomponente in einer separaten Silikonform abgegossen – d. h. Hart- und Weichkomponente über je ein eigenes STL-Urmodell und Silikonform hergestellt – und dann miteinander verklebt. Oder man geht den Weg über zwei Silikonformen, in denen das Urmodell einmal ohne und einmal mit Weichkomponente abgebil-

det wird. Bei dieser Art wird die Weichkomponente direkt auf die Hartkomponente aufgegossen. Dies benötigt jedoch viel Erfahrung und hohe Präzision der Urmodelle und Silikonformen.

Die Kombination von Stereolithografie und Vakuumguss findet vor allem bei Design- und Messemustern ihre Anwendung. Die hohe Präzision und Oberflächenqualität in Verbindung mit der Vielfalt bei Materialien und Farben machen es möglich, sehr nahe an das spätere Serienteil heranzukommen – Optik und Haptik sehen sich zum Verwechseln ähnlich.

Erweitertes Leistungsspektrum


In den letzten 25 Jahren hat z-prototyping nach der Stereolithografie und dem Vakuumguss sowie der Oberflächenveredelung ihr Angebotsspektrum erweitert

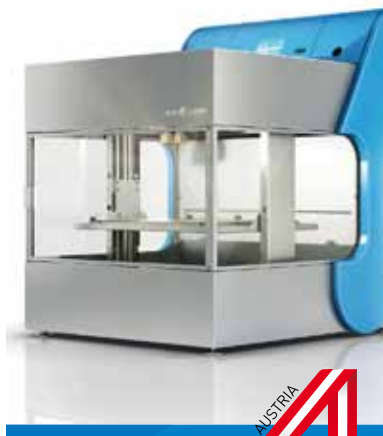


Manuelles Bearbeiten (Finishen).



Der Maßstab für Wirtschaftlichkeit und Materialvielfalt in der additiven Fertigung

-  Stand-alone-Betrieb
-  Hohe Wirtschaftlichkeit
-  Variable Modulbauweise
-  Aktivkohlefilter
-  Temperierter Bauraum
-  Stabil und vibrationsarm



Unerreichte Flexibilität beim Druckmaterial

Der EVOlizer verarbeitet eine Vielfalt an Kunststoffen, die individuell für unsere Kunden entwickelt und produziert werden.

- ASA • PPS
- PLA • ABS
- FRF • POM
- PET • ABS-E
- Iglidur

Öffnen der Form nach dem Gießprozess.



und bietet neben dem Kunststoffasersintern bzw. Rapid Manufacturing auch Vorserienteile im Spritzgussverfahren mit Serienmaterialien an. Mit einem Stammformkonzept werden in wenigen Wochen die Werkzeugeinsätze aus Aluminium gefräst und mit dem gewünschten Serienmaterial abgemustert. Es folgt dann hausintern eine Vermessung mit Prüfbericht und Dokumentation mit modernstem Messequipment.

Vertriebsmitarbeiter Klaus Gassner: „Persönliche Beratung vor Ort steht bei uns an oberster Stelle. Wir klären mit unseren Kunden zuerst die genauen Anforderungen ab und präsentieren dann die optimale Lösung für die Umsetzung – so erhält der Kunde das preiswerteste Angebot und die technisch beste Lösung für seine maßgeschneiderten Prototypen. Ein permanent hoher Qualitätslevel, die Einhaltung der zugesagten Liefertermine und ein stabiles und attraktives Preisniveau sind die bestimmenden Erfolgsfaktoren. Nur auf Basis



Silikonform in der Vakuumgießanlage.

von Verlässlichkeit und Vertrauen sind partnerschaftliche Geschäftsbeziehungen entstanden, die jetzt schon über Jahrzehnte hinweg Bestand haben.“

■ www.z-werkzeugbau.com



Wissenswertes zum Unternehmen

Die z-werkzeugbau-gmbh in Dornbirn erwirtschaftete zuletzt mit ca. 150 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von EUR 25 Mio. Zum Leistungsspektrum des Unternehmens zählen vorwiegend die Stereolithografie, der Vakuummuss, das Kunststoffasersintern, Rapid Manufacturing und Rapid Tooling sowie Oberflächenveredelungen wie Lackieren, Bedrucken und Aluminiumbedampfen.

Der Geschäftsbereich Rapid Prototyping wird seit 2005, nach der Loslösung des kompletten Werkzeugbaus aus der Zumtobel-Gruppe, unter dem Namen z-prototyping geführt – Geschäftsführer ist Alexander Kainrath.



Kunststoffe für die Additive Fertigung im Überblick:

Es kommt drauf an ...

Die Entscheidung, welches Verfahren der Additiven Fertigung eingesetzt werden soll, hängt meist stark davon ab, welchen Werkstoff man verarbeiten möchte. Die Unterschiede sind oft gravierend und die Wahl der richtigen Werkstoff-/Verfahrenskombination schwierig.

Autor: Georg Schöpf / x-technik

Die Anzahl der auf dem Markt verfügbaren technischen Kunststoffe hat im Laufe der letzten Jahre enorm zugenommen. Die Vielfalt an verfügbaren Eigenschaften und Spezialisierungen auf bestimmte Anwendungsfälle lässt einen schnell den Überblick verlieren. Durch das Zusetzen von Additiven und Zuschlagstoffen werden Basiswerkstoffe an die jeweiligen Anforderung oder Verarbeitungsform angepasst. Daraus resultieren veränderte chemische und strukturmechanische Eigenschaften. Diese Eigenschaften dienen meist als Basis für die Auswahl des jeweiligen Anwendungsfalls oder Endproduktes. Einige Werkstoffe haben sich dadurch zum Quasi-Standard entwickelt, während andere in hochspezialisierten Nischen ihren festen Platz haben.

Anpassung erforderlich

Leider lassen sich die verfügbaren Werkstoffe nur sehr begrenzt unverändert für die Additive Fertigung verwenden. Der Einsatz oder die Weiterverwendung von Standardkunststoffen ist häufig problembehaftet, unterscheiden sich die Verarbei-

tungskonzepte doch meist signifikant von den herkömmlichen Verfahren. Natürlich wird versucht, auch in der Additiven Fertigung die bereits bestehenden Werkstoffrezepturen weiterzuverwenden. In der Additiven Fertigung gängige Werkstoffe wie PA11, PA12, PC, PEI, PS oder ABS, die in Verfahren wie Selektivem Lasersintern, Arburg Kunststoff Freiformen und FDM eingesetzt werden, verhalten sich jedoch anders als sie dies bei herkömmlichen Verarbeitungsmethoden tun. Verfügbare Erfahrungswerte beziehen sich meist auf die gängigen Verfahren wie Spritzgießen, Blasen oder Tiefziehen. Deshalb werden die handelsüblichen Kunststoffe meist nur als Ausgangsstoff genommen und unterliegen einer permanenten Entwicklung, um die Eigenschaften wie Festigkeit, Steifigkeit, Härte, Wärmeformbeständigkeit oder z. B. Reibwerte zu optimieren. Das Zusetzen von Compound-Elementen wie Kohlefasern, Glaskugeln oder flammhemmenden Zuschlagstoffen trägt ebenso zu einer weiteren Materialvielfalt bei wie das Experimentieren mit Prozessparametern. Diese haben oft gravierenden Einfluss auf die Eigenschaften des fertigen Bauteils.

Vergleich schwierig

Und genau hier liegen die vielen Schwierigkeiten im Detail, die es fast unmöglich machen, die in der Additiven Fertigung verwendeten Kunststoffe sinnvoll zu vergleichen. Das beginnt bei den Datenblättern der Hersteller, die unter den Metallen beispielsweise eine ganz andere Aussagekraft besitzen als die Datenblätter der Kunststoffe: Zum Beispiel liegen bei Aluminium die genauen Prozentanteile der einzelnen Bestandteile vor und sie sind durch eine Werkstoffnummer exakt definiert. Mit etwas Glück findet man bei den Kunststoff-Datenblättern die Bezeichnung der Grundsubstanz. Man erfährt zumindest ob es sich um ein Polyamid oder ein Polystyrol oder Ähnliches handelt, ohne jedoch jeglicher weiterer Angabe der Zutatenliste. Mit den Beschreibungen wie zum Beispiel „ein weißes Polyamid 11 Pulver, dass für den Einsatz als Laser-Sinter-Material optimiert wurde“ oder „ein PA 2200 auf der Basis von Polyamid 12“ lässt zwar vermuten, dass der Hauptbestandteil Polyamid 11 bzw. Polyamid 12 ist, aber wie hoch ist der Anteil an Zuschlagstoffen und Additiven? Was machen die Additive aus der Grundsubstanz, wie weit sind diese dafür verantwortlich, dass die Ausgangssubstanz nun biokompatibel wird oder verbesserte Bindungseigenschaften im Lasersinterprozess aufweist?

Davon ausgehend kann ein Materialüberblick im Bereich der Kunststoffe lediglich einen Anhaltspunkt liefern, welche grundlegenden Materialien für welches Verfahren geeignet sind und welche Materialeigenschaften beim fertigen Bauteil unter optimalen Bedingungen zu erwarten sein können. Denn auf die schlussendlichen Eigenschaften des Bauteils wirken viele Einflussgrößen. So macht es für die Qualität des Bauteils einen Unterschied, ob es nur eine oder fünf Stunden der Temperatur im Bauraum ausgesetzt ist. Ebenso unterscheiden sich die Ergebnisse oft dadurch, ob sich nur ein einziges Teil im Bauraum befindet oder dieser komplett ausgenutzt wird. Das ist auf unterschiedliche Abkühlzeiten und daraus resultierenden variierenden Bindungseigenschaften zwischen den Bauschichten zurückzuführen.

Von der Anwendungsseite her betrachten

Überdies wurde bei der Erstellung der nachfolgenden Übersicht klar: Die Auswahl des einzusetzenden Fertigungsverfahrens muss immer von der Anwendungsseite her begonnen werden. So ist es unabdingbar, die gewünschten Bauteileigenschaften an den



Selektives Laser Sintern
(Bild: Kegelmann Technik)

Anfang der Betrachtung zu stellen. Die primären Fragen müssen lauten: Was muss mein Bauteil können, was muss es aushalten, welche Einflussgrößen wirken auf das Teil und welchen Umgebungsbedingungen wird es ausgesetzt? Davon ausgehend gilt es, das erforderliche Material auszuwählen, um dann festzustellen, mit welchen Verfahren dieses Material sinnvollerweise verarbeitet werden kann.

Bei dieser Vielzahl an Parametern, die das Material bis zur Endausfertigung beeinflussen, ist es nicht verwunderlich, dass nahezu jeder Maschinenhersteller im Laufe der Zeit seine eigenen Materialrezepte entwickelt, die genau nur mit diesem oder jenem Gerät die definierten Qualitäten erzielen. So kommt man kaum umhin, die Erfahrungen dieser Unternehmen zu nutzen und mit großem Staunen die umfassende Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu beobachten, die in diesem neuen Industriezweig zurzeit vor sich geht. Dank dieser permanenten und intensiven Leistungen in der Materialforschung und Werkstoffentwicklung und den heutigen Technologien des 3D-Drucks lassen sich immerhin Bauteile aus so robusten und stabilen Kunststoffen fertigen, wie sie auch beim Spritzguss, in der CNC-Bearbeitung und anderen herkömmlichen Fertigungsverfahren zum Einsatz kommen.

Auf schmelzende Verfahren beschränkt

Betrachtet man zusätzlich die Werkstoffe, die bei Verfahren wie Stereolithografie oder Polyjet/Multijet Verwendung finden, erkennt man schnell, dass es sich dabei um gänzlich andere Materialien handelt. Wird beispielsweise von einem Digital ABS gesprochen, so handelt es sich dabei keineswegs um ABS im herkömmlichen Sinne, sondern um eine Werkstoffkombination, die sich im fertig gebauten Zustand ähnlich wie ein ABS verhält. MJM und PJ-Verfahren bieten zusätzlich die Möglichkeit, die Grundmaterialien in beliebigem Verhältnis zu mischen, was weitere, wünschenswerte Eigenschaften ermöglicht, eine genaue Spezifizierung der Materialien in diesem Bereich aber nahezu unmöglich macht. Deshalb wurden diese Werkstoffe in der Übersicht bewusst nicht berücksichtigt. Generell sei hier, wie auch bei den Materialien für SLS, AKF und FDM, auf die Angaben der jeweiligen Maschinen- und Materialhersteller verwiesen. So kann die folgende Übersicht der Kunststoffe nur eine Idee dessen sein, was der Markt heute bietet und welche Möglichkeiten künftig daraus entstehen können. Und morgen wird bereits alles wieder anders sein. ■



FDM-Verfahren (Bild: Hage)

	Material	Werkstoff/Typ	Farbe	Anwendungsbereich	Eigenschaften	Schmelztemperatur	Ausbreittemperatur	Glasübergangstemperatur	Biokompatibilität	Lebensmittelkontakt	Gute chemische Beständigkeit	Zugfestigkeit nominal	Biegemodul	Shorehärte	Dichte Verarbeitet
Binder Jetting	Acryl	PMMA	Weiß (einfärbbar)	Fenguss, Formenbau, Ausformwerkzeuge, Werkzeuge, Prototypenfertigung	Guter Oberflächenzustand BinderTyp: PolyPorC		600°C					3,7 MPa 27,0 MPa (Epoxid-Erdbehandelt)			
SLS	PS	Polystyrol 101	Graues Pulver	Herstellung von Urmodellen, für das Gips- und Keramikschalengussverfahren, auch für Vakuumguss, hier wird Infiltration z. B. mit Epoxidharz empfohlen	Exzellente Maßhaltigkeit, hervorragende Oberflächenqualität, gute Festigkeit für die Verwendung von Urmodellen	105° C	229-555°					2,84 – 5,5 MPa			770 kg/m³
	Polyamid 12	Polyamid 2200	Weißliches Pulver	Funktionsteile, Prothetik, bewegliche Bauteilverbindungen	Hohe Festigkeit, Steifigkeit und Langzeitschmelzstabilität, gute Trennschärfenauflösung und Detailtreue	176° C			✓	✓	✓	43 – 48 MPa	1.500 MPa x 23° C	75	930 kg/m³
	Polyamid 12	Polyamid 2201	Weißliches, leicht transluzentes Pulver	Funktionsteile, Prothetik, bewegliche Bauteilverbindungen	Hohe Festigkeit, Steifigkeit und Langzeitschmelzstabilität, gute Trennschärfenauflösung und Detailtreue	176° C			✓	✓		48 MPa x, 48 MPa y	1.390 – 1.500 MPa x 23° C	73-75	930 kg/m³
	Polyamid 12	Polyamid 2202 black	Anthrazit-schwarzes Pulver	Funktionsteile, Designteile, Ersatzteile, verschmutzungsintensive Teile	Mit PA2200 vergleichbar, außerdem kratzfest (Abrieb, Kratzer, Bohrungen ohne Farbveränderung)	176° C						50 MPa x, 50 MPa y, 48 MPa z	1.350 MPa x 23° C	75	980 kg/m³
	Polyamid 12	Derivate mit unterschiedlichsten Komponenten (z. B. Flammschutzmittel, glasgefüllt, aluminiumgefüllt, kohlefasergefüllt, hautfarbene Pigmente)	Typabhängig	Endprodukte im Motorenbereich von Fahrzeugen, als Formwerkstoff für Tiefziehwerkzeuge	Hohe Steifigkeit und mechanische Verschleißfestigkeit, hohe thermische Belastbarkeit, sehr gute Oberflächenqualität, hohe Genauigkeit und Detailauflösung, gute Verarbeitbarkeit	176 – 187° C			Typabhängig	Typabhängig	Typabhängig	26 – 54 MPa	1.340 – 3.600 MPa x 23° C	75 – 80	970 – 1.360 kg/m³
	Polyamid 11	Polyamid 1101	Weißliches Pulver	Mechanisch belastete Funktionstypen und Serienprodukte mit dauerhaft beweglichen Teilen (z. B. Schanlere), Automotive: v.a. für crashrelevante Innenraumkomponenten, Sport	Hohe Bruchdehnung, Flexibilität, hohe Schlagzähigkeit	201° C					✓	48 MPa x, 48 MPa y, 48 MPa z		75	990 kg/m³
	Polyamid 11	Polyamid 1102	Schwarzes masseingefärbtes Pulver, farbecht	Mechanisch belastete Funktionstypen und Serienprodukte mit dauerhaft beweglichen Teilen (z. B. Schanlere), Automotive: v.a. für crashrelevante Innenraumkomponenten, Elektrotechnik, EDV/Büromaschinen, Medizintechnik, Sport	Durchgängig schwarze Farbe, hohe Bruchdehnung, hohe Schlagzähigkeit, Flexibilität	201° C			✓		✓	48 MPa x, 48 MPa y, 48 MPa z			990 kg/m³
	PEEK	Polyetheretherketon	Helbraunes Pulver	Medizin: idealer Ersatz für Edelstahl und Titan, in Luft- und Raumfahrt und im Motorsport, wo Leichtigkeit und Brandfestigkeit von größter Bedeutung sind, geeigneter Metalleersatz	Exzellentes Hochtemperaturverhalten, hohe Verschleißbeständigkeit, bestes Brand-, Rauch- und Toxizitätsverhalten, gute Hydrolysebeständigkeit, Sterilisierbarkeit	372° C			✓		✓	90 MPa			1.310 kg/m³
	PEBA2301	Polyetherblockamid Pulver, welches für den Einsatz in Laser-Sinter-Anlagen entwickelt und optimiert wurde, TPA 2301	Weißes Pulver	Häufig Einsatz als Produktionsmaterial für Bauteile mit hoher Standzeit, idealer Prototypen- und Serienwerkstoff	Hohe Flexibilität und Festigkeit, hohe Langzeitschmelzstabilität, gute Trennschärfe und Detailtreue, vielfältige Nachbehandlungsmöglichkeiten (z. B. Vibrationsgleitschleifen, Beilammen, Tauchfärben, Beflocken)	89 – 150° C						8 MPa		35	950 kg/m³
FDM AKF	ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol wie z.B. ABSplus P430, ABSi, ABS-M30, ABS-M30i ...	Typabhängig, breite Farbpalette möglich	Typabhängig von Medizin (Geräte, Modelle für chirurgische Planung), Arzneimittel, Essen, Verpackung, Modelliermaterial, Prototypen, Pharmazie über Luft- und Raumfahrt, Automotive, kundenspezifische Produktionswerkzeuge, Montagevorrichtungen	Typabhängig von dauerhaft, hohe Stärke, hohe Wärmebeständigkeit und Schlagzähigkeit, Gamma- oder EO-sterilisierbar, statisch leitfähig über beständig gg Ermüdung, gute Verarbeitbarkeit, ultrahohe Zähigkeit			108 – 116° C	Typabhängig		Typabhängig	35,9 – 37,2 MPa	1.920 – 2.410 MPa	108 – 110 Rockwell	1.040 – 1.080 kg/m³

	ASA	Acrylester-Styrol-Acrylnitril	Breite Farbpalette möglich	Prototypen f. Automotive und gebrauchsfertige Gegenstände, Gehäuse, Halterungen für elektrische Bauteile, Sportartikel	UV-beständig, mechanische Widerstandsfähigkeit	100° C	k.A.						35 MPa	k.A.	102 Rockwell	1.070 kg/m³
	POM	Polyoxymethylen	Weiß	Für Zahnräder, Kugellager	Hohe Schlagzähigkeit, hohe Wärmebeständigkeit, hohe Festigkeit, geringe Reibung, gute Gleiteigenschaften	178° C			✓				72 MPa	3.000 MPa		1.240 kg/m²
	Polyamid 12	Polyamid 12	Schwarz	Luft- und Raumfahrt, Automotive, kundenspezifische Produktionswerkzeuge, Montagevorrichtungen,	Dauerhaft, hohe Wärmebeständigkeit und Schlagzähigkeit, gute Sterilisierbarkeit, beständig gg Ermüdung, gute Verarbeitbarkeit, ultrahohe Zähigkeit	178° C				✓			48,3 MPa	1.310 MPa kond.		
	PC	Polykarbon rein oder als Compound/Composit wie z. B. PC-ABS, PC-ISO	Typabhängig	Typabhängig von Luft- und Raumfahrt, Automotive, Medizin, industrielle Anwendung, Prototypenfertigung über Verpackung (Lebensmittel), Medizin (Geräte, Verpackung, Gesundheitspflege), Thermoformen	Typabhängig von dauerhaft, gute Stärke, hohe Wärmebeständigkeit und Schlagzähigkeit, gute Sterilisierbarkeit über Anylenoxid-, Gamma- oder EO-sterilisierbar und gute Flexibilität		125 – 161° C	Typabhängig				Typabhängig	40,7 – 67,6 MPa	1.930 – 2.230 MPa	110-115 Rockwell	1.100 – 1.200 kg/m³
	PET-G	Polyethylenterephthalat Glycol	Weiß, rot, grün, gelb, schwarz	Für mechanisch beanspruchte Bauteile	Hohe Temperaturbeständigkeit, hohe Schlagfestigkeit, kaum Schrumpfung, geruchsneutral		80° C		✓				51 MPa	2.040 MPa		1.290 kg/m²
	PLA	Polyacid	Breite Farbpalette möglich	Kosmetik, Spielwaren, Outdoor, Besteck, Teller, Tassen, Folien	Niedrige Temperatur- und Witterungsbeständigkeit	210° C			✓				62 MPa	3.600 MPa		1.240 kg/m²
	igidur	igidur 1180	Weiß	Prototypenbau, Kleinserien, Testaufbauten	Abriebfestes Material	250 – 280° C							k.A.	1.000 MPa	66	1.210 kg/m³
	PPS	Polyphenylsulfid	Grau	Elektrotechnik, LED-Lichttechnik, Maschinenbau, Automotive	Hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit	280° C							70 MPa	k.A.		1.260 kg/m²
	PPSF	Polyphenylsulfon	Hellbraun	Luft- und Raumfahrt, Automotive, Medizin (sterilisierbare Geräte), Prototypenfertigung, anspruchsvolle Werkzeuge	Dauerhaft, hohe Stärke, hohe Wärmebeständigkeit und Schlagzähigkeit, äthylenoxid- und autoclavsterilisierbar,		230° C					✓	55,2 MPa	2.210 MPa	86 Rockwell	1.280 kg/m³
	PEI	Polyetherimid Utem 1010	Hellbraun	Werkzeugbau, Prototypen, Automotive, Luft- und Raumfahrt, Medizin, Lebensmittelbranche	Herausragende Festigkeit, hohe thermische Stabilität, autoclavsterilisierbar		215° C		✓				42 – 64 MPa	2.230 – 2.820 MPa	109 Rockwell	1.270 kg/m²
	PEI	Polyetherimid Utem 9085	Hellbraun, Schwarz	Luft- und Raumfahrt, Automotive, industrielle Anwendung, Prototypenfertigung, Meeresanwendungen, Werkzeug	Dauerhaft, gute Stärke, hohe Wärmebeständigkeit und Schlagzähigkeit, flammgeschützt, gute Sterilisierbarkeit		367° C						71,7 MPa	2.500 MPa		1.340 kg/m³
	PEEK	Polyetheretherketon	Beige	Eignet sich als Ersatz für Industriematerialien wie Aluminium und Stahl	Hohe Festigkeit und Steifigkeit, hohe Duktilität, sterilisierbar	343° C				✓			98 MPa	3.800 MPa	85	1.300 kg/m³

Materialvielfalt als Schlüssel zur additiven Serienfertigung



“Für die Entwicklung neuer Materialien ist es wichtig, diese sowohl an die geforderten Bauteileigenschaften anzupassen als auch die Anforderungen der Verarbeitungsmaschine im Blick zu behalten.

Markus Kaltenbrunner

Geschäftsführer EVO-tech GmbH

Fused Filament Fabrication in der Serienfertigung

Die meisten unserer Kunden besitzen bereits einiges Wissen im Bereich der Additiven Fertigung und kommen mit ganz konkreten Aufgabenstellungen auf uns zu. Oftmals geht es darum, Bauteile, die nur in geringen Stückzahlen (bis ca. 200 Stück) benötigt werden oder alte Bauteile, bei denen zum Beispiel die Formen nicht mehr verfügbar sind, kostengünstig additiv zu fertigen. Neben den Anforderungen an Oberflächenqualität und Maßgenauigkeit stehen meistens die Materialeigenschaften im Mittelpunkt. Deswegen bieten wir heute schon eine Viel-

Die Additive Fertigung entwickelt sich immer weiter weg von der reinen Prototypenerstellung hin zur additiven Einzelteil- oder Serienfertigung. Zuerst denkt man hierbei zumeist an Metall oder Kunststoffbauteile die mittels SLS oder SLA hergestellt werden und lässt das FDM bzw. FFF Verfahren außen vor. Obwohl gerade das FFF Verfahren viele Herausforderungen bewältigen kann, an denen andere Herstellungsverfahren oft scheitern, wie z. B. die Senkung der Produktionskosten oder eine Steigerung der Materialvielfalt.

zahl an Materialien an, die man auch aus den herkömmlichen Fertigungsverfahren wie Spritzguss kennt. Zum Beispiel ist es mit unserer additiven Fertigungsanlage EVolizer möglich, UV-Beständige Bauteile für den Außeneinsatz aus ASA zu fertigen oder Hochtemperaturanwendungen von bis zu über 200° C mit dem PPS Druckmaterial umzusetzen.

Kundenspezifische Materialentwicklungen

Oftmals erfüllen jedoch die vorhandenen Materialien nicht alle benötigten Anforderungen und es ist notwendig, kundenspezifische Entwicklungen durchzuführen. Hier kann die EVO-tech GmbH als österreichischer Entwickler und Produzent von Anlagen und Materialien wirksam unterstützen. Grundsätzlich folgt die Materialentwicklung dabei einem klar definierten Ablauf: Nach einer genauen Definition der Anforderungen mit dem Anwender sowie der oftmals damit einhergehenden Anpassung des Bauteils hinsichtlich einer Fertigungsgerechten Konstruktion, beginnt erst die eigentliche Materialentwicklung. Gemeinsam mit Werkstofflieferanten und universitären Forschungseinrichtungen optimieren wir bekannte Kunststoffe aus der Extrusion für die Additive Fertigung. Hierbei geht es vor allem darum, den Kunststoff für die Additive Fertigung anzupassen, um zum Beispiel eine ideale Schichtverschweißung und damit eine hohe Zugfestigkeit zu erreichen. Dafür müssen verschiedene

Additive (Rezeptierung) und Zuschlag- oder Füllstoffe (Compoundierung) in geeigneter Weise mit dem Basiswerkstoff kombiniert werden. Nach der Rezeptierung und Compoundierung müssen in großen Testserien die idealen Prozessparameter, bestehend unter anderem aus Düsentemperatur, Bauraumtemperatur, Schweißdruck u. v. m. empirisch ermittelt werden, bevor es an die Produktion der eigentlichen Bauteile geht. Je nach Komplexität der Anforderungen kann so eine Entwicklung zwischen einem halben Jahr und eineinhalb Jahre dauern. Eine sorgfältige Abstimmung zwischen Material und Prozessparameter ist Bedingung für zuverlässige Bauteileigenschaften.

Klare Prozesse nötig

Wir von der EVO-tech GmbH sind davon überzeugt, dass die Materialvielfalt in den nächsten Jahren sprunghaft steigen wird. Im Produktionsumfeld wird die Additive Fertigung künftig eine größere Rolle spielen und die Unternehmen müssen die Möglichkeiten, die ihnen daraus entstehen, in der Arbeitsvorbereitung genauso berücksichtigen, wie dies bei spanabhebenden Verfahren üblich ist. Um neue Materialien für eine mögliche Serienfertigung tauglich zu machen, sind klar definierte Prozesse erforderlich. Diese müssen so schnell als möglich definiert werden und in die tägliche Arbeitspraxis eingeführt werden.

■ www.evo-tech.eu

Schnell. Verlässlich. Präzise.



Besuchen Sie uns am
Stand 2-323!
14. – 16. Juni 2016 • Messe Erfurt

Additive Fertigung mit drei modernen Verfahren: Stereolithographie, selektives Lasersintern und direktes Metall-Lasersintern.



3D-Druckverfahren für extrem genaue Prototypen - von komplexen Geometrien bis hin zu großen, präzisen Mustern. Sie erhalten 1 bis 50+ Teile in 7 Arbeitstagen oder weniger.

3D-DRUCK | CNC-BEARBEITUNG | SPRITZGUSS

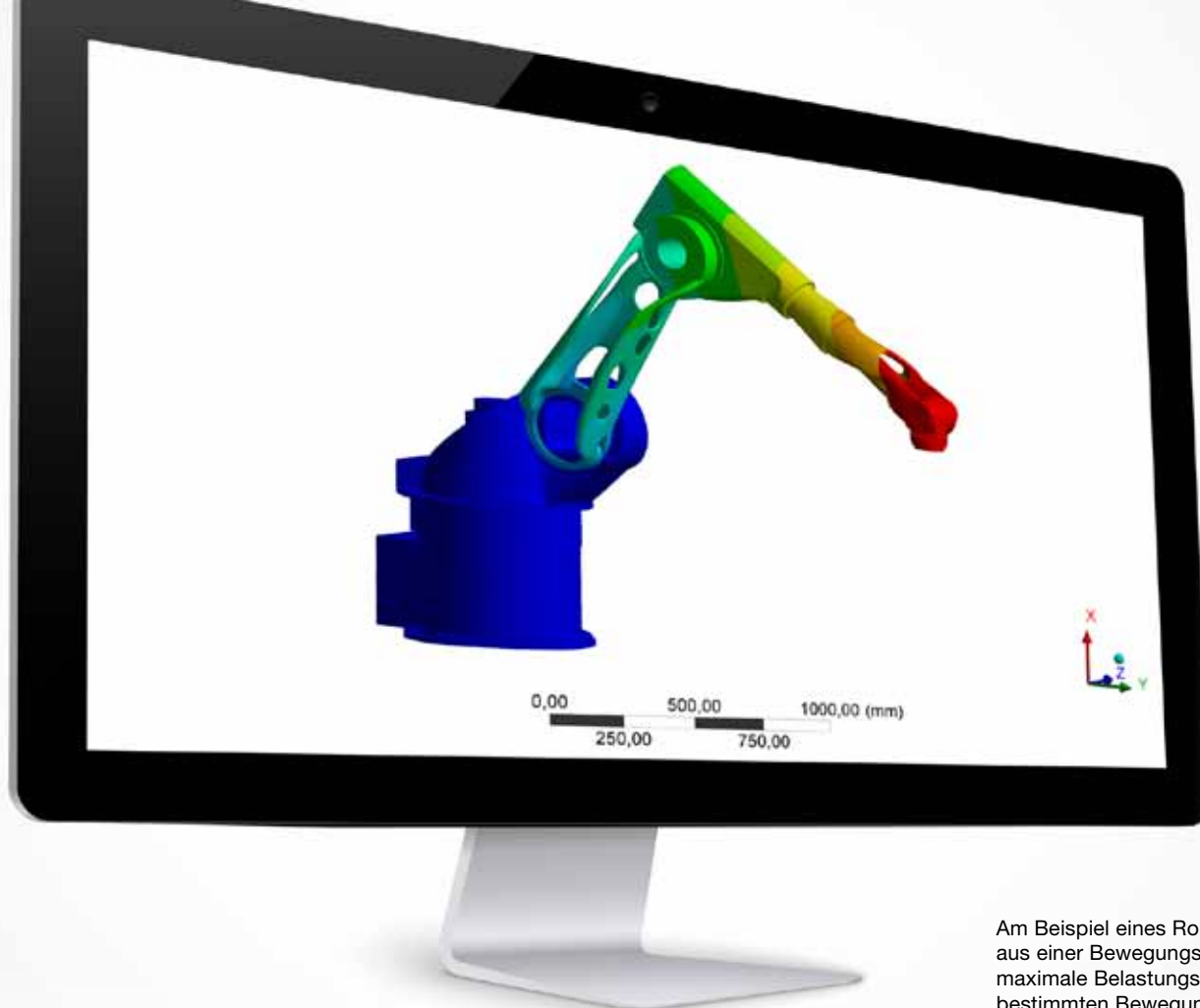
proto labs®

Real Parts. Really Fast.™

Jederzeit online verfügbar | Kostenlose Designanalyse



protolabs.de
+49 (0) 6261 6436947
customerservice@protolabs.de



Am Beispiel eines Roboterarmes wurde aus einer Bewegungssimulation das maximale Belastungsszenario für einen bestimmten Bewegungsablauf ermittelt.

Simulation ist mehr als Software

Numerische Simulation macht heute sehr viel möglich: Unternehmen und Wissenschaft entwickeln damit wegweisende Innovationen. Sie verbessern die Qualität, Sicherheit und Effizienz von Produkten und Prozessen – und sie sparen Kosten sowie Entwicklungszeiten. Cadfem unterstützt Simulationsanwender dabei, das verfügbare Potenzial bestmöglich zu nutzen.

Als Ansys Elite Channel Partner setzt Cadfem voll auf die technologisch führende Software der Ansys, Inc. Weil Software allein aber noch keinen Simulationserfolg garantiert, bietet Cadfem Produkte, Service und Wissen aus einer Hand: Software- und IT-Lösungen, Beratung, Support, En-

gineering, Know-how-Transfer. So liefert Cadfem ein vollständiges Programm an CAE-Software von Ansys und anderen Anbietern sowie auch die Hardware – von Einzelkomponenten bis zur individuellen, sofort einsatzbereiten Komplettlösung. Damit Anwender die Vorteile der Simulation aus-

schöpfen können, berät, begleitet und unterstützt sie Cadfem in allen Fragen – und mit umfassenden Dienstleistungen. Und weil auch Wissen ein elementarer Baustein für effiziente, virtuelle Produktentwicklungsprozesse ist, gehören auch fundierte Aus- und Weiterbildungsangebote zum Portfolio von Cadfem. Zudem wird durch Netzwerke und Konferenzen der Erfahrungsaustausch unter Simulationsexperten gefördert und ein enger Dialog mit Wirtschaft und Forschung gepflegt.

Über die Simulation zum topologieoptimierten Bauteil für die Additive Fertigung

Designfreiheiten, die durch die Möglichkeiten Additiver Fertigung entstehen, verän-



“ Die Symbiose aus Topologieoptimierung und der Additiven Fertigung ermöglicht die Realisierung völlig neuartiger Ideen, die mit deutlich geringerem Zeitaufwand innerhalb eines Entwicklungsprozesses umgesetzt und bewertet werden können.

Tobias Haushahn, Topologieoptimierungs-Experte im Business Development von Cadfem



Das Design des Roboterarms vor ...



... und nach der Topologieoptimierung.

dem derzeit Produktentwicklungsprozesse in verschiedenen Industriebereichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsverfahren sind deutlich komplexere Strukturen herstellbar, was wiederum völlig neues Potenzial für den Leichtbau eröffnet. Bei der Frage nach der Entwicklung von komplexen, verzweigten, teils organisch wirkenden Strukturen liefert eine ganz bestimmte Methode die Antwort, die beim Streben nach deutlicher Produktverbesserung →

Webinar-Tipp

Innerhalb des Programms Ansys Workbench lässt sich mit wenigen Handgriffen eine Topologieoptimierung definieren, die eine optimale Materialverteilung für eine gegebene mechanische Belastung im Design-Raum findet. Neben der Definition mehrerer Lastfälle und verschiedener Optimierungsziele können auch Fertigungsrestriktionen, z. B. Symmetrie oder minimale Strukturgrößen, berücksichtigt werden. Die so entstandene optimale Form wird anschließend in Ansys SpaceClaim Direct Modeler überarbeitet und in eine CAD-Geometrie zurückgeführt.

Das kostenlose Cadfem Webinar „Ansys Topologieoptimierung“ gibt anhand von Live-Beispielen einen Überblick.

www.cadfem.de/topologie-webinar

HAGE3D

Der erste FFF-Drucker mit Industriesteuerung

7" Touchscreen
Netzwerkfähig
Stand alone



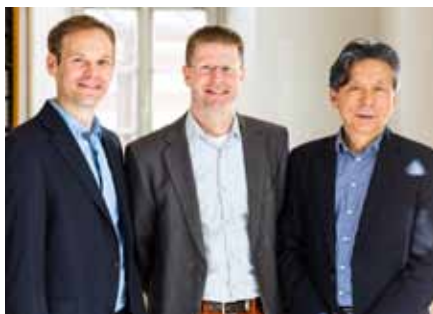
www.hage3d.com

ein unverzichtbares Werkzeug geworden ist: die Topologieoptimierung. Diese Methode generiert Vorschläge für lastgerechte und gewichtsoptimierte Bauteile und ergänzt damit die Additive Fertigung perfekt. Das Potenzial für die Produktentwicklung kann damit voll ausgeschöpft werden. Dazu erläutert Tobias Haushahn, der im Business Development von Cadfem für die Topologieoptimierung zuständig ist: „Die Symbiose aus Topologieoptimierung und der Additiven Fertigung ermöglicht die Realisierung völlig neuartiger Ideen, die mit deutlich geringerem Zeitaufwand innerhalb eines Entwicklungsprozesses umgesetzt und bewertet werden können.“

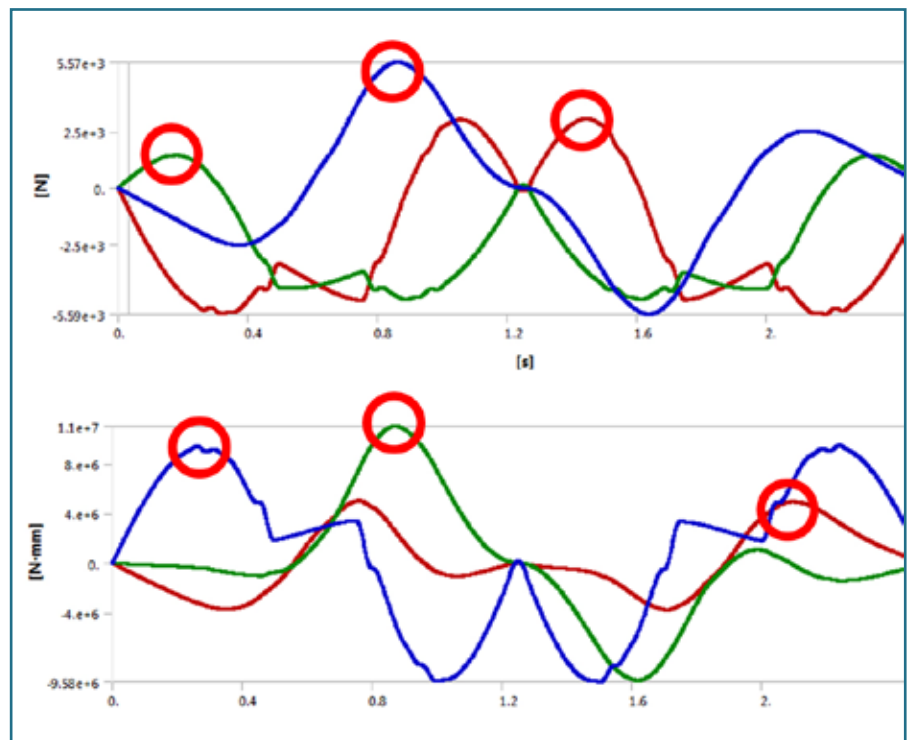
Wo früher die Topologieoptimierung noch allein zur Konzeptfindung diente, kann sie heute schon für einen fertigen Designvorschlag verwendet werden. Die leistungsstarken Werkzeuge in Ansys SpaceClaim Direct Modeler unterstützen den Konstrukteur, um aus den Ergebnissen einer FEM-Berechnung geglättete Geometrien zur anschließenden Validierungsrechnung zurückzuführen. „Die intuitive Bedienung versetzt auch Anwender mit wenig Erfahrung in die Lage, topologieoptimierte STL- und CAD-Designs für die Additive Fertigung zu erzeugen“, betont Tobias Haushahn.

SpaceClaim bietet beim Übergang vom geglätteten STL-Modell in ein CAD-Format zwei grundsätzliche Wege an:

- Geglättete, facettierte Oberflächen des STL-Modells werden eigenständig innerhalb einer Toleranzgrenze zu Flächen zusammengefasst und im Anschluss in ein CAD-Format



Cadfem gilt bereits seit seiner Gründung im Jahr 1985 als erfolgreiches Familienunternehmen. Im Bild v.l.n.r.: Cadfem Geschäftsführer Dr.-Ing. Christoph Müller, Dr.-Ing. Jürgen Vogt und Erke Wang.



Der Kraft- und Momentenverlauf des Gelenks eines Roboterarms.

konvertiert. Dieser Weg ist sehr schnell und verlangt keinen Eingriff durch den Benutzer.

- Auf den facettierten STL-Oberflächen kann der Anwender mit dem sogenannten „Skin Surface Tool“ Stützpunkte festlegen, aus denen optimal angepasste Freiformflächen erstellt werden. Dieses ebenfalls schnelle und robuste Vorgehen erlaubt dem Anwender mehr Flexibilität.

Roboterarm als Belastungsszenario

Im Beispiel eines Roboterarmes wurde aus einer Bewegungssimulation das maximale Belastungsszenario für einen bestimmten Bewegungsablauf ermittelt. Reaktionskräfte und -momente wurden an den Gelenken

des in der Mitte liegenden Verbindungsstücks zunächst als Einheitslasten aufgebracht. Die sechs sich daraus ergebenden Lastfallszenarien wurden anschließend in einer „min. Multiple Compliance“ Zielfunktion mit der jeweiligen Gewichtung der Maximalwerte aus dem Zeitverlauf verwendet.

Tobias Haushahn verweist hier auf ein überzeugendes Ergebnis: „Mit der Topologieoptimierung konnte unter Berücksichtigung einer einzuhaltenden Maximalspannung das Gewicht im Vergleich zum ursprünglichen Entwurf um etwa zehn Prozent reduziert werden. Dabei ließ sich schnell belegen, dass die Festigkeit während des kompletten Bewegungsablaufes weiterhin völlig ausreichend war.“

■ www.cadfem.de

Infos zum Unternehmen in Kurzform

1985 gegründet, zählt Cadfem zu den Pionieren der Anwendung Numerischer Simulation in der Produktentwicklung. Mit 11 Standorten, 220 Mitarbeitern und 130 Berechnungsspezialisten in Deutschland, Österreich und der Schweiz ist Cadfem einer der größten europäischen Anbieter für Simulationslösungen. Mit den Beteiligungen von Cadfem International sind weltweit 350 Mitarbeiter aktiv.



WELTPREMIERE
M200 MILLTURN
6. – 10. Juni 2016, Linz



- Spitzenweite bis zu
- Drehdurchmesser
- Max. Werkstückgewicht

14m | 2m | 60t

M200
MILLTURN

SIZE
does matter!

WFL präsentiert die Weltpremiere der M200 MILLTURN

DMLS Prozessmodellierung und Validierung



Dr. Mustafa Megahed

Manager of CFD & Multiphysics
Center of Excellence

Beim Direct Metal Laser Sintering (DMLS) handelt es sich um ein generatives Schichtbauverfahren. Dabei wird schichtweise Metallpulver in einer Stärke von einigen 10 μm mittels eines Lasers entsprechend der aus einem 3D-CAD-Modell extrahierten Schichtkontur des Bauteils mit der darunterliegenden Schicht verschmolzen. Dieser Vorgang wird bis zur Fertigstellung des

Das DMLS-Verfahren (Direct Metal Laser Sintering) ist ein additives Fertigungsverfahren, mit dem sich komplexe Bauteile direkt auf der Basis von 3D-CAD-Modellen fertigen lassen. Um zu den gewünschten Ergebnissen zu gelangen, sollte jedoch eine geeignete Fertigungsstrategie verfolgt werden, wobei numerische Simulationsverfahren wertvolle Hilfestellung leisten können. Der Simulationsspezialist ESI Group zeigt, wie sich mechanische und metallurgische Eigenschaften von Bauteilen durch geeignete Simulationsmodelle detailliert und verlässlich vorhersagen lassen.

Bauteils wiederholt, welches aus mehreren tausend Schichten bestehen kann. Der Laser kann dabei die Belichtungspfade mit Geschwindigkeiten bis zu 7 m/s abfahren.

Auch für DMLS gilt die Physik

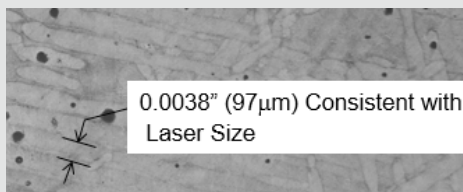
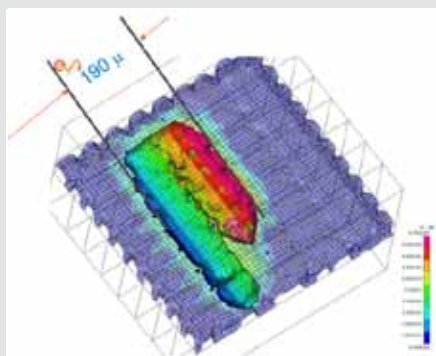
Die Vorteile des Verfahrens klingen verlockend: Da keine Werkzeuge und Formen nötig sind, können Prototypen und Kleinserien schnell und kostengünstig produziert werden. Hinzu kommt, dass auch Bauteile gefertigt werden können, die mit konventionellen Methoden nicht oder nur mit großem Aufwand realisierbar wären.

Doch auch beim DMLS-Verfahren lässt sich die Physik nicht außer Kraft setzen. Wie bei Gussteilen ist eine Kompensation der Schrumpfung oder des Bauteilverzugs notwendig. DMLS ist ein thermischer Prozess, bei dem Eigenspannungen und Verzug nebst komplexen, wiederholten Aufheiz- und Abkühlprozessen das Materialgefüge maßgeblich beeinflussen. Man kann also

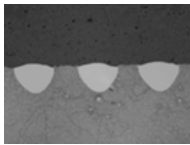
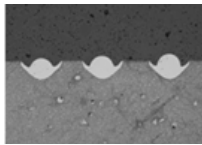
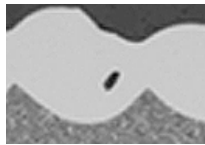
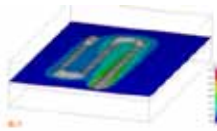
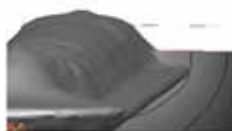
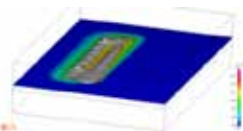
nur auf den ersten Blick von einer „Ein-Klick“-Lösung sprechen, die losgelöst von fertigungstechnischen Überlegungen betrieben werden kann.

Anspruchsvolle Aufgabenstellung für die DMLS-Simulation

Für Optimierungen bei der Produktentwicklung und Fertigungsplanung hochtechnologischer Verfahren wie dem DMLS sind numerische Simulationsprogramme prädestiniert und oftmals auch unverzichtbar. Stark vereinfacht basieren solche Programme auf einer Diskretisierung des Bauteils in einzelne Elemente (z. B. sogenannte Finite Elemente), auf welche die entsprechenden, physikalischen Grundgleichungen angewendet und gelöst werden. Für die präzise Vorhersage der Eigenschaften des Werkstücks beim DMLS-Prozess, z. B. Bindefehler, Porosität, Eigenspannungen und Verzug, müssen neben den metallurgischen und thermischen Vorgängen auf Partikelebene auch die mechanischen Effekte auf Bauteil- bzw. Maschinenebene abgebildet werden. Die Dimensionen reichen dabei von einigen μm (Metallpartikel) bis hin zu Zentimetern (Bauteil) und Metern bzw. Kilometern (Laserpfad). Die Größe eines Simulationsmodells für einen solchen Dimensionsumfang würde allerdings enorme Anforderungen an die Hardware stellen und unvertretbare Kosten produzieren. Um mit vertretbarem Aufwand genaue Vorhersagen für alle Teilprozesse treffen zu können, hat sich ESI Group für einen multi-



Die vorhergesagte und gemessene Breite der Schmelze liegt innerhalb einer Abweichung von 1 % und zeigt, dass die Spur signifikant breiter ist als der Laser-Durchmesser.

Leistung [W]	192	262	370
Geschwindigkeit [m/s]	1	2	3
Pfadabstand [m]	175	175	80
Bilder der solidifizierten Pfade			
Korrespondierende Bilder aus der numerischen Simulation			

Vorhersage der numerischen Simulation der ausgeformten solidifizierten Spuren im Vergleich zu den experimentellen Beobachtungen für verschiedene Laser-Leistungen, Geschwindigkeiten und Pfadabstände.

physikalischen Ansatz mit zwei separaten, interagierenden Mikro- und Makro-Modellen für die unterschiedlichen Dimensionsbereiche entschieden.

Mikro-Modell

Das Mikro-Modell basiert auf der CFD-Lösung ESI ACE+ Suite und deckt den Dimensionsbereich von einigen μm bis zu wenigen Millimetern ab. Die Pulverschicht setzt sich aus diskreten Elementen mit einer einheitlichen Größe von $22\text{ }\mu\text{m}$ in einer gleichmäßigen Verteilung zusammen. Es werden die in der Schmelze ablaufenden Vorgänge beschrieben, einschließlich Wärmeübertragung, Schmelzen, Oberflächenspannungen sowie dem Effekt thermischer Gradienten, die zu Marangoni-Kräften und Erstarrung führen. Die Ergebnisse zeigen u. a., dass die Breite der Schmelze zirka 35 Prozent größer ist als der Laserdurchmesser, was sich durch einen seitwärts gerichteten Fluss der Schmelze in die Lücken zwischen den einzelnen Partikeln erklären lässt.

Makro-Modell

Das Makro-Modell basiert auf der FEM-Schweißsimulation ESI Sysweld. Es operiert im cm- bzw. m-Bereich und ver-

wendet die mit dem Mikro-Modell zuvor ermittelten Daten (Temperaturverteilung etc.) sowie thermische Belastungen und externe Kräfte/Randbedingungen, um den Aufbauprozess des Werkstücks abzubilden und die mechanischen Bauteileigenschaften (Eigenspannungen, Fließspannungen, Verformungen) zu ermitteln.

Es wird dabei mit sogenannten äquivalenten Ablagerungsmengen gearbeitet, bei denen mehrere bereits gefertigte Schichten zu einer Einheit zusammengefasst und gleichzeitig mit den Erwärmungs- und Abkühlgeschwindigkeiten des Lasers beaufschlagt werden. Modellgrößen und Rechenzeiten konnten so signifikant reduziert werden.

Einfluss der DMLS-Aufbaustrategie auf die Verzerrung

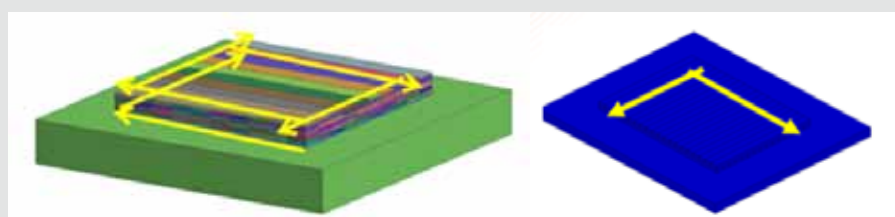
Durch eine Variantensimulation der Eigenspannungen und Verzerrungen lässt sich eine Optimierung der Belichtungsbahn erreichen. Dazu wurden würfelförmige Proben mit unterschiedlichen Belichtungsbahnen hergestellt. Bei der Startkonfiguration lag der Startpunkt für jede Ebene auf der gleichen Ecke, während bei einer Vergleichsprobe der Startpunkt jeder Ebene um 90 Grad gedreht wurde. Durch die

se Ebenenrotation wurde eine deutliche Reduktion der totalen Verzerrung erreicht. Sie war mit Rotation nach 50 Schichten nur doppelt so hoch wie bei zehn Schichten ohne Rotation.

Zusammenfassung und Schlussbemerkung

Der multi-physikalische Simulationsansatz unter Verwendung von Mikro- und Makro-Modellen beschreibt realistisch die physikalischen Phänomene des DMLS-Prozesses, einschließlich der Vorgänge in der Schmelze, der Ausformung der aufgetragenen Spuren, den Eigenspannungen und den Verformungen des Werkstücks. Dies zeigte auch die Validierung der einzelnen Modelle anhand experimenteller Beobachtungen und Messungen, die eine gute Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit den experimentellen Daten dokumentierte.

Für die Zukunft wird man sich bei ESI auf die systematische Anwendung der Modelle konzentrieren, um die Bedingungen zu erfassen, die zu Bindefehlern, Porosität und Gaseinschlüssen führen. Weiterhin wird man darauf hinarbeiten, die Anwendbarkeit von Makro-Modellen auf komplexe Werkstücke unter Beweis zu stellen.



www.esi-group.com

Vergleich unterschiedlicher DMLS-Aufbaustrategien. Startpunkt für jede Ebene in derselben Ecke (links), Startpunkt für jede neue Ebene um 90 Grad gedreht (rechts).

Simulationswerkzeuge für die Additive Fertigung

Simulationswerkzeuge eignen sich in vielfältiger Art und Weise zur Unterstützung der Entwicklung und des Einsatzes additiver Fertigungsverfahren. So können Simulationsmodelle auf Mikro- bis Millimeterskalen zukünftig aufwendige Versuchsreihen zur Prozessauslegung und -optimierung unterstützen. Simulationsmodelle auf Zentimeterskalen, sogenannte Aufbauprozessmodelle, ermöglichen darüber hinaus die Vorhersage und Verbesserung der nach dem Bauprozess vorliegenden Eigenschaften.



DI Christian Seidel

Abteilungsleiter beim Fraunhofer IGC in Augsburg, Co-Leiter AMLab Augsburg



Dipl.-Phys. Johannes Weirather

Abteilungsleiter am iwB der TU München, Co-Leiter AMLab Augsburg

Die Additive Fertigung eröffnet dem Anwender eine zuvor nie dagewesene Formgebungsfreiheit. Es kommt allerdings auch verfahrensbedingt zum Verzug der aufzubauenden Bauteile. Beim pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahren Laserstrahlschmelzen, das zur Herstellung metallischer Bauteile weitverbreitet ist, liegen die Ursachen hierfür im lokalen Energieeintrag mittels Laser, der Temperaturgradienten im Bauteil und damit Verformungen zur Folge hat, die mitunter über der Streck-

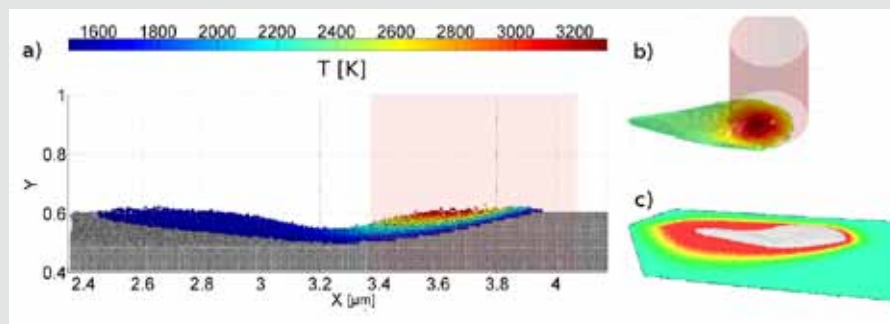
grenze des Werkstoffes liegen. Dieser Verzug verursacht einen Mehraufwand bei der Nachbearbeitung additiv aufgebauter Körper, der z. B. im Rahmen einer spanenden Fertigung zur Erzeugung von Form- und Lagetoleranzen entsteht.

Im Entwicklungs- und Produktionsprozess sind daher heute häufig mehrere Fertigungsiterationen (Testfertigungen, Ausschussproduktionen) notwendig, in denen die Bauteilgeometrie dem prozessbedingten Verzug entsprechend

vordeformiert wird, um diesen auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren.

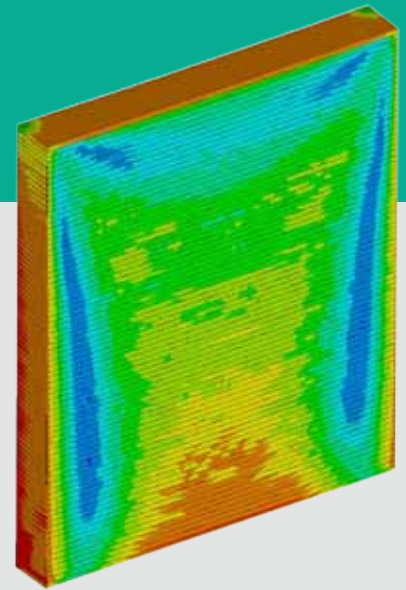
Finite-Elemente- Methode-Simulationstool

Am AMLab in Augsburg (www.amlab.de) beschäftigt sich eine Forschergruppe des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwB) der Technischen Universität München mit der simulativen Abbildung und Kompensation dieser Verzugseffekte. Dafür



Ansätze zur partikelbasierten Simulation des Schmelzbades beim Laserstrahlschmelzen. Rot hinterlegte Bereiche veranschaulichen den Bereich des Laserstrahls.

a) Temperaturverteilung im Schmelzbad (Mittelschnitt), b) 3D-Ansicht der Schmelzbadoberfläche, c) qualitative Temperaturverteilung im Festmaterial.



Berechnete Von-Mises Eigenspannungen eines Quaderquerschnittes (Aufbauprozessmodell).

wurde ein thermomechanisches Finite-Elemente-Methode-Simulationstool entwickelt, das den Wärmestrom während des Fertigungsprozesses berechnet, resultierende Verformungen sowie Eigenspannungen auf Bauteilebene bestimmt und zur Prozessauslegung eingesetzt werden kann. Für die Geometrierzeugung innerhalb dieses Aufbauprozessmodells können sowohl CAD-Daten als auch Anlagendaten, sogenannte CLI-Daten, verwendet werden. Aus diesen Daten wird ein schichtweises Netz erzeugt, welches den additiven Aufbauprozess wiedergibt.

Temperaturfeldberechnung für optimierte Geometrie

Das Simulationstool berechnet die eingebrachte Energiemenge und bringt es dem realen Prozess entsprechend schichtweise auf das Modell auf. Die Abkühlkurven werden bestimmt und in einer nachfolgenden mechanischen Berechnung als Last beaufschlagt. Neben der Bestimmung von Eigenspannungen und Verformungen lassen sich die Informationen der Temperaturfeldberechnung auch dazu nutzen, die für den

Bauprozess kritischen Bereiche zu identifizieren, in denen es zu Wärmestaus kommt. Zum Erhalt einer maßhaltigen Geometrie können die berechneten Verformungen programmintern genutzt werden, um die Geometrie anzupassen und einen erneuten Simulationslauf zu starten. Ein Eingreifen des Anwenders ist hierbei nicht notwendig, lediglich die Anzahl der gewünschten Iterationen muss vorgegeben werden. Die hinsichtlich eines minimierten Verzugs optimierte Geometrie wird am Ende im STL-Format zur Weiterleitung an die additive Fertigungsanlage ausgegeben.

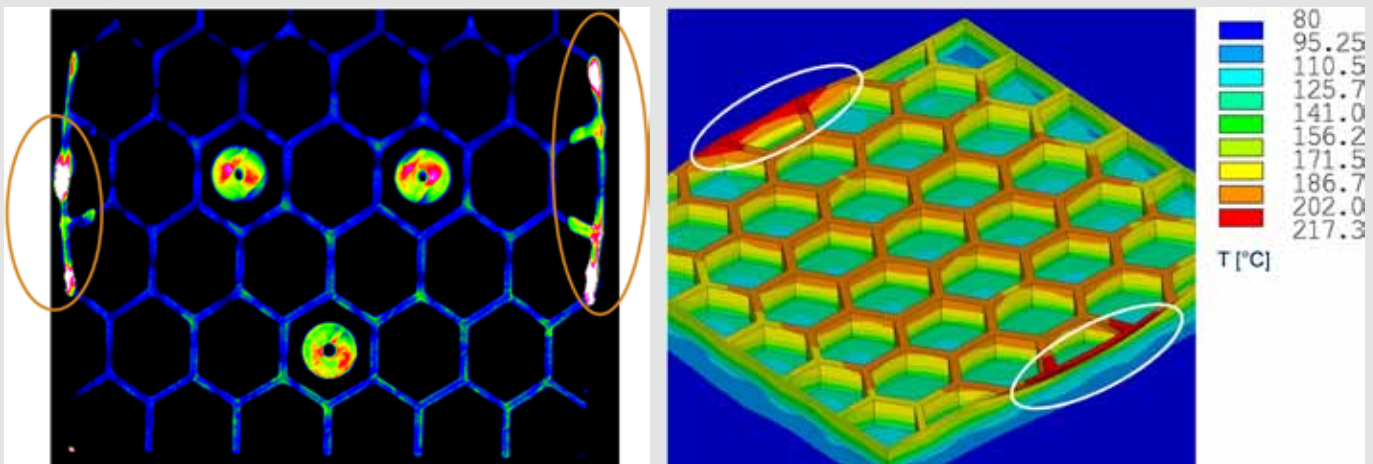
Parallelberechnung dank moderner Grafikkarten

Zur Vorhersage der resultierenden Schmelzbadgeometrie beim Laserstrahlschmelzen auf Mikro- und Millimeter-skalen wird am AMLab in Augsburg gegenwärtig in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Aerodynamik und Strömungsmechanik der Technischen Universität München an einem „netzfreien“ Ansatz geforscht, welcher auf der Smoothed Particle Hydrodynamics Methode (SPH) basiert. Ziel des Vorhabens ist es,

die Rechenzeit gegenüber konventionellen Computational-Fluid-Dynamic-Lösungen (CFD) signifikant zu senken. Hierzu nutzt man auch die Möglichkeiten zur Parallelisierbarkeit der Berechnung, die moderne Grafikkarten bereitstellen.

Das Bild (linke Seite) zeigt erste exemplarische Ergebnisse der partikelbasierten Schmelzbadsimulation, die zur Vertiefung des Prozessverständnisses und zur Prozessoptimierung verwendet werden kann.

■ www.iwu.fraunhofer.de



Wärmestaus beim Bauprozess von Wabenstrukturen, Thermografieaufnahme des Bauprozesses (links), Temperaturfeldberechnung in der Aufbauprozesssimulation (rechts).



Prof. Dr. Manfred Zehn, TU Berlin, bei der Begrüßung.

Generative Verfahren gewinnen im Bereich der Simulation an Bedeutung:

Additive Simulation

Im Rahmen der deutschsprachigen Nafems-Konferenz vom 25. bis 27. April in Bamberg wurde deutlich, dass die Additive Fertigung auch im Umfeld der numerischen Simulation angekommen ist. Zahlreiche Vorträge und Diskussionen rund um das Thema Additive Fertigung zeigten das steigende Interesse bei den Konferenzteilnehmern und machten deutlich, wie wichtig das Thema im Umfeld der Simulation geworden ist.

Autor: Georg Schöpf / x-technik

Alle zwei Jahre findet sie statt, die Nafems-DACH-Konferenz. Auch dieses Jahr standen vom 25. bis 27. April die Zeichen in Bamberg auf Simulation. Fast drei ganze Tage lang konnten sich die rund 250 Teilnehmer der Veranstaltung auf den neuesten Stand im Bereich der numerischen Simulation bringen. Begleitet wurde die Konferenz von einer Fachausstellung mit 29 Ausstellern aus unterschiedlichsten Bereichen. Es waren wieder sämtliche Disziplinen der technischen Berechnung vertreten. Ergänzt wurden die umfangreichen und hochkarätigen Vorträge in den bekannten Themenfeldern wie Strukturmechanik, CDF, Fracture/Fatigue, Mehrkörpersimulation

und viele mehr durch eine Sondersession zum Thema Additive Manufacturing. Schon im Juni letzten Jahres war dieses Thema auf dem Nafems-Weltkongress in San Diego erstmals vertreten.

Pionierstimmung für neue Themen

Sowohl in den Vorträgen als auch in den begleitenden Diskussionen hat sich herausgestellt, dass das Thema Additive Fertigung, was die Simulation anbelangt, erst ganz am Anfang steht. Dennoch war erkennbar, dass sich einige Schwerpunktthemen herauskristallisieren. Dass die Auslegung additiv gefertigter Bauteile die numerische Si-

oben Vortrag von Dr. Ing Peter Pirro /
Keynote.

unten In der Abendveranstaltung
beeindruckte das Duo die „Physikanten“
mit allerlei verblüffenden Experimenten.

mulation unbedingt benötigt, ist augenscheinlich. Darüber hinaus eröffnen sich für den Berechner jedoch einige neue Betätigungsfelder.

Ein wesentlicher Aspekt, über den auch schon des Öfteren in verschiedenen Medien berichtet wurde, ist der Bereich der Topologieoptimierung. Ein Feld, in dem die neugewonnenen Fertigungsmöglichkeiten eine besondere Rolle spielen und das auch bereits in der Industrie gut angenommen wurde. Ist es doch jetzt möglich, Geometrien herzustellen, die in der Vergangenheit gar nicht oder nur mit einem erheblichen technischen Aufwand möglich waren.

Das nächste, scheinbar offensichtliche Thema ist der Leichtbau. Unterstützt von der Möglichkeit, auch im Inneren von Bauteilen durch das Einbringen von Lattice-Strukturen erhebliche Gewichtsverringerungen zu realisieren, wird das Thema Leichtbau in ganz neue Dimensionen gehoben. An verschiedenen Lösungsansätzen wurde zum Beispiel von Christian Rossmann von der Firma Materialise gezeigt, wie mit additiven Fertigungsverfahren Leichtbaustrukturen hergestellt und damit Gewichtseinsparungen im Bereich von 50 bis 60 % erreicht werden können. Dabei wurden durchaus auch prozessbedingte Eigenheiten wie Wärmeabtransport oder die Nutzung von unterschiedlichen Zellstrukturen als Ersatz für Supportgeometrien mit berücksichtigt.

Wachstumsthema Prozesssimulation und Material

Zusätzliche Aspekte der technischen Berechnung im Zusammenhang mit Additiver Fertigung ergeben sich aber auch in den Bereichen Prozesssimulation von generativen Fertigungsverfahren und dem Gesamtfeld Materialien für die Additive Fertigung. Oftmals drängt sich der Eindruck auf, dass im Bereich der Additiven Fertigung viele Prozesspara-



meter auf der Basis empirischer Ansätze ermittelt werden. Erst nach und nach werden die Methoden der numerischen Simulation genutzt, um den eigentlichen Bauprozess zu modellieren und rechnerisch abzubilden. Angesichts der Anforderungen, die aus der Industrie an die Hersteller für Maschinen in der Additiven Fertigung herangetragen werden, scheint es jedoch unerlässlich, klare und berechenbare Verfahrensmodelle zu bekommen. Erklärtes Ziel ist es aber auch, durch die Simulation des Bauprozesses zuverlässige Aussagen über die späteren Eigenschaften der hergestellten Bauteile treffen zu können.

Die Ergebnisse nehmen insbesondere Einfluss auf die Materialdefinition additiv gefertigter Teile. Dies ist auch das dritte große Feld, mit dem sich Berechnungsingenieure im Zusammenhang mit Additiver Fertigung zu beschäftigen haben. Hersteller von Simulationssoftware haben diesen Trend erkannt und

stellen Werkzeuge für derartige Prozesssimulationen zur Verfügung. Die ESI Group beispielsweise hat im Rahmen ihrer Präsentation gezeigt, wie sie den Prozess des Selektiven Laserschmelzens für die Herstellung von Metallbauteilen sowohl im Pulverbett als auch beim Pulver-Laserauftragsschweißen darstellen, um daraus Aussagen über die resultierenden Materialeigenschaften treffen zu können. Es werden dabei neben den eigentlichen prozessbestimmenden Komponenten wie Laserleistung, Schmelztemperatur und Abtastgeschwindigkeit auch begleitende Effekte wie Wärmeausbreitung sowie das Abkühlverhalten im Pulverbett und im Bauteil berücksichtigt.

Erst am Anfang

Allen Vorträgen und Diskussionen gemein ist aber, dass im Bereich der Additiven Fertigung von Seiten der numerischen Simulation noch ein durchaus weiter Weg zu beschreiten ist. Dass →



das Interesse daran aber hoch ist, zeigt die recht hohe Teilnehmerzahl in der Additive Manufacturing Session.

Zu den rein praktischen Ansätzen zur Simulation additiv gefertigter Bauteile gesellt sich also noch eine ordentliche Zahl von Nebendisziplinen, die nicht minder wichtig sind, um für die Industrie geeignete Methoden und Berechnungsverfahren im Umgang mit Additiver Fertigung bereit zu stellen.

Die Hersteller der Maschinen für generative Herstellungsprozesse scheinen in der Pflicht, mit den Anbietern und Dienstleistern in der numerischen Simulation enger zusammen zu arbeiten um schnellstmöglich die erforderlichen Werkzeuge hervorzubringen, welche die Ergebnisse in der Additiven Fertigung zuverlässiger werden lassen und eine robuste Bewertung möglich machen.

Ebenso sind die Industrieunternehmen und Nutzer der Additiven Fertigung aufgefordert, ihre Anforderungen klar zu formulieren. Der Wunsch seitens der Maschinenhersteller und Softwarelieferanten ist es, konkrete Hinweise aus der Industrie zu bekommen, welche Informationen und Werkzeuge vorrangig bereitgestellt werden müssen.

Eine engere Zusammenarbeit in der Methodenentwicklung zwischen Soft-

wareanbietern und Maschinenherstellern ist auf jeden Fall angezeigt.

Geeignete Materialmodelle erforderlich

Im Bereich der Materialeien besteht zusätzlich die Anforderung an die Materiallieferanten, in enger Zusammenarbeit mit Maschinenherstellern und Softwareanbietern, geeignete und tragfähige Materialmodelle bereitzustellen. Dass dies in Anbetracht der vielen Unwägbarkeiten und Unbekannten im Bereich der Additiven Fertigung zunächst als schier unmögliches Unterfangen anmutet, entbindet jedoch nicht von der Notwendigkeit, große Anstrengungen in dieser Richtung zu unternehmen. Prozessbedingte Anisotropien im Material sind nur ein, wenn auch der scheinbar vorrangige, Aspekt dabei. Auch die Veränderung des Ausgangsmaterials im Zuge des Fertigungsprozesses birgt Schwierigkeiten in der Betrachtung, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Hinzu kommt, dass oftmals die finalen Materialeigenschaften erst durch nachgeschaltete Folgeprozesse wie Wärmebehandlung, Infiltrieren oder andere Finishmethoden erreicht werden und dem Bauteil seine endgültigen Eigenschaften verleihen. Auch in dieser Hinsicht bestehen Anforderungen, diese Prozesse zu simulieren und daraus die Rahmenbedingungen abzuleiten, die für eine zuverlässige Bauteilberechnung erforderlich sind. Denn es ist hinlänglich

bekannt, dass Berechnungen immer nur so gut wie die zugrunde liegenden Materialmodelle und Methoden sind.

Zusammenarbeit unabdingbar

Im Gesamtüberblick betrachtet wird also deutlich, dass Maschinenhersteller, Softwareanbieter und Materiallieferanten enger zusammen rücken müssen, um gemeinsam die Werkzeuge und Informationen bereitstellen zu können, die die Industrie benötigt, um die Additive Fertigung in einen wirtschaftlichen Produktionsprozess einzubinden. Dass die Vorgehensweise teilweise Methoden erfordert, die sich von den eingeführten Abläufen vehement unterscheiden, scheint aus derzeitiger Sicht ebenso klar. Manche Ergebnisse aus einer derartigen Zusammenarbeit werden vermutlich zeigen, dass ganz neue Betrachtungsweisen von Prozessabläufen und entsprechend dazu passenden Entwicklungsmethoden erforderlich werden. Da im Zuge dieser Betrachtungen die angrenzenden Bereiche wie Materialhandling und Bauteilmanagement noch gar keine Beachtung gefunden haben, bestätigt, dass das Gesamtfeld Simulation im Umfeld der Additiven Fertigung erst am Anfang steht und man gespannt sein darf, welche Themen im Laufe der Zeit noch zutage treten werden.

■ www.nafems.org



Add+it 2016: Im Mittelpunkt stehen additive Fertigungsverfahren mit Kunststoffen

Internationale Experten aus mehr als zehn Ländern nahmen an der Premiere der Add+it (Symposium on Additive Manufacturing and Innovative Technologies) im letzten Jahr teil. Auch an der diesjährigen Veranstaltung können sich die Teilnehmer nicht nur über den State of the Art in Themen wie Materialentwicklung oder Component Design informieren, sondern auch über außergewöhnliche Ideen aus anderen Gebieten wie 3D-Druck in der kleinsten Dimension oder Anwendung des 3D-Drucks in der Astrophysik.

Auch 2016 wird das 2-tägige Symposium Add+it veranstaltet. Dieses Jahr findet die Veranstaltung im Rahmen des Festivals Nature of Innovation vom 29. bis 30.

September 2016 im Museum Arbeitswelt in Steyr (OÖ) statt. Im Mittelpunkt stehen diesmal Forschungsergebnisse aus Industrie und Wissenschaft rund um additi-

ve Herstellungsverfahren – insbesondere mit Kunststoffen oder Keramiken.

Das diesjährige Symposium zeichnet sich neben zehn Plenarvorträgen durch zwei parallele Sessions mit jeweils drei Themen aus. In der ersten Session werden die Themen „Additive Manufacturing for medical applications“, „Rapid Tooling“ und „Material Development“ beleuchtet. In der zweiten Session geht es um „Surface Finishing“, „Integrated Electronics“ und „Reverse Engineering“.

Für die Add+it 2016 konnten internationale Speaker aus Industrie und Forschung gewonnen werden

- Dr.-Ing. Julia Mergheim (LTM, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)
- Professor Tarek I. Zohdi (University of California)
- Dr. Frank Achenbach (Wacker Chemie AG)
- Dr. Marcus Rechberger (Lehmann & Voss)
- Dr. Irina Gouzman (Soreq Nuclear Research Center)
- Koen van Os (Philips Lighting)
- Dr.-Ing. Alexander Hildebrandt (Festo)
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Hanemann (KIT, Karlsruher Institut für Angewandte Materialien Werkstoffkunde)

Termin 29. – 30. September 2016
Ort Museum Arbeitswelt Steyr
Link www.profactor.at
www.addit2016.org

Arbeitssicherheit beim Betrieb von Laserschmelzanlagen



Das Ziel des Fachausschusses 105.6 sind praxisfokussierte Richtlinien, die einen arbeitssicheren Umgang mit den additiven Fertigungsverfahren sicherstellen.

DI Christian Seidel

Vorsitzender des VDI-Fachausschusses 105.6 und Abteilungsleiter beim Fraunhofer IGCV in Augsburg

Die Additive Fertigung hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung für die Produktionstechnik gewonnen und bietet unbestritten ein enormes Potenzial für die Zukunft. Im Rahmen eines Technologieeinstiegs sind Unternehmen mit Sicherheitsfragen konfrontiert, auf die heute noch nicht zufriedenstellend unabhängige und eindeutige Antworten verfügbar sind. Die Forschungsarbeit des Fraunhofer IGCV in Augsburg (vormals Fraunhofer IWU) und die Richtlinienarbeit des neu gegründeten Fachausschusses FA 105.6 des VDI zielt auf eine praxistaugliche Richtlinie zu diesem Thema ab.

Additive Fertigungsverfahren nutzen unterschiedliche Prinzipien, um Bauteile schicht- oder elementweise zu erzeugen. Dabei können pulverförmige Ausgangswerkstoffe die Staubbelastung am Arbeitsplatz erhöhen, oder ein Verdampfen von Hilfsstoffen wie z. B. Binder kann die Arbeitsumgebung beeinträchtigen. Richtlinien, die Technologieanwender beim Umgang mit den bestehenden Gefahren verständlich und praxistauglich unterstützen, sind derzeit nicht verfügbar.

Aus diesem Grund wurde am 07. April 2016 im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) der Fachausschuss 105.6 zur „Sicherheit beim Betrieb additiver Fertigungsanlagen“ gegründet. Dieser verfolgt das Ziel, den Technologieanwendern der Additiven Fertigung geeignete Sicherheitsempfehlungen für den Umgang mit den Verfahren kompakt aufzuzeigen. Gegebenenfalls kann durch die Arbeit des Gremiums auch der Bedarf an zusätzlichen Berufsgenossenschaftsrichtlinien o. ä. identifiziert und an die relevanten Gremien weitergeleitet werden. Durch die Arbeiten des VDI-Fachausschusses 105.6 soll zu einem einheitlichen, zulässigen Standard der Arbeitssicherheit im Bereich der Additiven Fertigung beigetragen werden. Das erste Projekt des Fachausschusses befasst sich dabei explizit mit dem derzeit am weitest verbreiteten Verfahren Laser-Strahlschmelzen, bei dem pulverförmiger, meist metallischer Ausgangswerkstoff zu Bauteilen verarbeitet wird. Es soll eine Richtlinie mit dem Arbeitstitel „VDI 3405 Blatt 6.1 Additive Fertigungsverfahren; Anwendersicherheit beim Betrieb der

Fertigungsanlagen; Laser-Strahlschmelzen von Metallpulvern“ entstehen, die bestehendes Wissen im Rahmen eines technischen Konsens aller Interessensgruppen umfasst. Erkenntnisse zur Arbeitssicherheit beim Laser-Strahlschmelzen, die über den Stand der Technik hinausgehen, sollen parallel zur Richtlinienarbeit im VDI am Fraunhofer IGCV im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekts „SafetyAM“ erarbeitet werden. Ausgehend von einer Literaturrecherche zu Gesetzen, Normen und Richtlinien soll in Kombination mit einer durch zahlreiche Kontaminationsmessungen unterstützen Ist-Analyse entlang der Prozesskette ein Soll-Szenario erarbeitet werden. Die daraus ableitbaren Handlungsempfehlungen sollen dann direkt in die Richtlinienarbeit des VDI einfließen und vorgelagert sollen Anregungen des Fachausschusses zur Ausgestaltung der Ist-Analyse berücksichtigt werden.

■ www.iwu.fraunhofer.de

Aufruf zur Mitarbeit

Bei Interesse an der Mitarbeit im Gremium ersucht der Autor DI Christian Seidel, Vorsitzender des VDI-Fachausschusses 105.6 und Abteilungsleiter beim Fraunhofer IGCV, um Kontaktaufnahme.

christian.seidel@iwu.fraunhofer.de

.mold

CONCEPTLASER

MASCHINENLÖSUNGEN FÜR DEN 3D-METALLDRUCK

Quelle: MAPAL Dr. Kress KG | Photos: firamedia.de | Machine layout: newkon.info | Artwork: brandnew-design.de



DEUTSCHER ZUKUNFTSPREIS
Preis des Bundespräsidenten
für Technik und Innovation

Kreis der Besten 2015

GERMAN FUTURE PRIZE
The Federal President's Award
for Innovation and Technology
Circle of Excellence 2015



www.concept-laser.de

Concept Laser GmbH An der Zeil 8 | D 96215 Lichtenfels
T: +49(0)95 71.1679 200 | F: +49(0)95 71.1679 299 | info@concept-laser.de

Additive Fertigung und Recht:

Was jedes Unternehmen wissen muss



“Wer additive Fertigungsverfahren nutzt, muss sein geistiges Eigentum und seine Produktionsdaten vor unbefugten Zugriffen Dritter schützen.

Dr. Andreas Leupold

Rechtsanwalt, Leupold Legal

Die Chancen und Vorteile der Additiven Fertigung sind mittlerweile ebenso zahlreich wie die Anwendungsmöglichkeiten und kaum ein Unternehmen denkt derzeit nicht darüber nach, wie es davon profitieren kann. Dabei stehen meist technische, wirtschaftliche und organisatorische Fragen im Vordergrund, während die nicht weniger bedeutsamen rechtlichen Aspekte oft nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt werden. Dieser Beitrag zeigt, worauf es dabei ankommt und wie sich die Additive Fertigung rechtssicher gestalten lässt.

Wer selbst additiv fertigt oder seine Produkte additiv fertigen lässt, hat bereits einen wichtigen Schritt zur Digitalisierung seiner Produktion getan. Zugleich eröffnet er damit aber auch Produktpiraten neue Möglichkeiten, es ihm gleichzutun ohne die Entwicklungskosten tragen zu müssen. Das hat einen einfachen Grund: Am Ende des Fertigungsprozesses steht in der Additiven Fertigung zwar nach wie vor ein physisches Werkstück, erzeugt wird es aber aus dem dafür verwendeten 3D-Modell und somit aus Daten, die alle zur Herstellung des Produkts benötigten Informationen enthalten. Werden diese Daten nicht vor dem Zugriff unbefugter Personen geschützt, können sie unbemerkt kopiert und von Wettbewerbern zur Herstellung äußerlich identischer Produkte benutzt werden. Da sich mit technischen Mitteln keine vollständige Sicherheit in der Additiven Fertigung erreichen lässt, sollte jedes Unternehmen zunächst einmal prüfen, ob es beim Vertragsschluss mit Dienstleistern, Lohnfertigern und Zulieferern daran gedacht hat, sich die (ausschließlichen) Nutzungsrechte an den Arbeitsergebnissen einräumen zu lassen. Nur wer über diese Rechte verfügt, kann nämlich auch Trittbrettfahrern wirksam Einhalt gebieten und seine oft mit erheblichem Aufwand erworbene Marktposition verteidigen.

Geistiges Eigentum schützen

Zu den wichtigsten gewerblichen Schutzrechten, die sich ein Unternehmen sichern muss, gehören zweifellos Patente und Gebrauchsmuster, die allerdings nur für technische Erfindungen erteilt werden und somit keinen Schutz vor einer Übernahme der äußeren Form eines Produkts bieten. Das kann durch andere Schutzrechte wie insbesondere das Urheberrecht am 3D-Modell bzw. der äußeren Gestaltung des Produkts, die Eintragung einer dreidimensionalen Marke im Markenregister und/oder den Schutz des Produktdesigns erreicht werden. Ein nicht unerheblicher Vorteil des Urheberrechtsschutzes liegt sicherlich darin, dass er keine Eintragung in einem amtlichen Register erfordert und anders als Patente keine weiteren Kosten verursacht. Da die Urheberrechte aber immer beim Schöpfer des Werkes entstehen, liegen sie nicht selten (auch) bei freien Mitarbeitern oder Zulieferern, die das Produkt (mit-) gestaltet haben. Will der Auftraggeber darüber frei verfügen und Dritten die Verwendung eines urheberrechtlich geschützten 3D-Modells untersagen können, so muss er von dessen Urheber(n), jedenfalls dann, wenn es sich bei diesen nicht um eigene Arbeitnehmer handelt, also erst einmal das



© Bigrep GmbH



© Symbol-Grafiken: www.colourbox.de

Recht erwerben, das 3D-Modell in der Produktion einzusetzen. Erfüllt die dreidimensionale Form nicht die vergleichsweise geringen Anforderungen an die Urheberrechtsschutzfähigkeit, so muss sie aber dennoch nicht schutzlos bleiben. In Betracht kommt nämlich auch die unter Nichtjuristen meist weniger bekannte Eintragung einer dreidimensionalen (Form-)Marke, die ihrem Inhaber das ausschließliche Recht gewährt, die Marke im geschäftlichen Verkehr zu benutzen. In das amtliche Markenregister werden aber nur solche dreidimensionalen Kennzeichen eingetragen, deren Form sich hinreichend von anderen Formen solcher Waren unterscheidet, für die die Marke benutzt werden soll.

Der Schutz des Produktdesigns (auch als „(Geschmacks-)Muster“ bezeichnet) entsteht ebenfalls durch Eintragung in das dafür geführte amtliche Register. Allerdings wird vom Amt nicht geprüft,

ob das Design neu ist und sich in seinem Gesamteindruck von anderen, bereits bekannten Designs unterscheidet, also „Eigenart“ hat. Um eine Kollision mit ähnlichen Designs von Wettbewerbern und eine spätere Löschung des eingetragenen Designs zu vermeiden, sollte daher vor der Anmeldung zur Eintragung eines Designs immer erst geprüft werden, ob diese Schutzvoraussetzungen vorliegen.

Verrat von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen vorbeugen

Nicht alles, was nicht von Wettbewerbern genutzt werden soll, ist urheberrechtlich, durch eine Marke oder ein eingetragenes Design bzw. Muster geschützt. Oft geht es einfach nur darum, das additive Konstruktions-Know-how, das in ein 3D-Modell eingeflossen ist oder neue, (noch) nicht patentierte Erfindungen vor dem Zugriff Dritter zu schützen. Gefahr droht hier nicht nur durch das Eindringen

Dritter in das Firmen IT-Netz, sondern auch durch das Abhören der Druckgeräusche, aus denen sich ermitteln lässt, welches Produkt gerade hergestellt wird und wie es nachgebaut werden kann. Darüber hinaus muss immer auch damit gerechnet werden, dass unzufriedene Mitarbeiter Betriebs- oder Geschäftsgeheimnisse entwenden, um sie entweder selbst auszuwerten oder Wettbewerbern zu überlassen. Neben der bislang nur als Entwurf vorliegenden EU-Richtlinie über den Schutz vertraulichen Know-hows und vertraulicher Geschäftsinformationen gibt hier auch das bereits geltende nationale Recht in einigen Mitgliedstaaten eine Handhabe, gegen Betriebsspionage vorzugehen. Unabhängig hiervon ist für die IT-Sicherheit in der digitalen Produktion ebenso zu sorgen wie für die sichere Datenübertragung von und zu Dienstleistern. Werden Produktionsdaten in der Cloud gespeichert, muss deren sichere Aufbewahrung und Verar- ➔

beutung mit dem Cloud Service Provider vertraglich geregelt werden.

Produkthaftung vermeiden

Wie jedes industrielle Herstellungsverfahren birgt auch die Additive Fertigung das Risiko der Erzeugung fehlerhafter Produkte und dadurch verursachter Schäden beim Endverbraucher. Industrielle 3D-Drucker sind komplexe technische Anlagen, die Umgebungseinflüssen ausgesetzt sein können, die sich auf die Qualität der damit gefertigten Produkte auswirken können. Die möglichen Fehlerquellen sind dabei zahlreich und lassen sich oft nicht leicht ermitteln. Sie reichen von der fehlerhaften Konstruktion und Fehlern bei der Erstellung der Druckvorlage sowie der Auswahl ungeeigneten Materials über Fehler bei der Aufstellung der Anlage und Druckerdefekte sowie Temperaturschwankungen im Bauraum bis zur fehlerhaften Nachbearbeitung oder Lagerung eigentlich einwandfreier Werkstücke. Kommt es dadurch zu Personen- oder Sachschäden bei Verbrauchern, muss der Hersteller Ersatz leisten. Die Frage wer „Hersteller“ ist, lässt sich aber häufig nicht ohne weiteres beantworten. Hält etwa ein herkömmlich gefertigtes sicherheitsrelevantes Bauteil in einem Kraftfahrzeug der Belastung nicht stand, so bereitet die Ermittlung des dafür Haftenden in der Regel keine allzu großen Schwierigkeiten. In der Additiven Fertigung gibt es aber komplexe Lieferketten und vielfältige Vertragsbeziehungen, die zu einer Verschiebung der Haftungsrisiken führen können, wenn diese nicht rechtzeitig erkannt und vertraglich geregelt werden. Verantwortlicher „Hersteller“ ist nach der Europäischen Produkthaftungsrichtlinie nicht nur der Hersteller des Endprodukts, sondern auch eines Grundstoffs oder eines Teilprodukts sowie jede Person, die sich als Hersteller ausgibt, indem sie ihren Namen, ihre Marke oder ein anderes Erkennungszeichen auf dem Produkt anbringt. Schadensersatzpflichtig kann sich daher auch der Lieferant fehlerhafter Rohstoffe machen und gleiches kann auch für den Dienstleister gelten, auf den die Additive Fertigung ausgelagert wurde. Unternehmen, die über eine eigene

Zur Person

Dr. Andreas Leupold LL.M. ist Rechtsanwalt in München und berät mit seiner Kanzlei Leupold Legal Unternehmen im IT-Recht, Medienrecht und gewerblichen Rechtsschutz sowie bei der Erstellung und Verhandlung von Lizenzverträgen. Als Industrieanwalt mit über 20 Jahren Erfahrung in der Durchsetzung gewerblicher Schutzrechte ist er Autor zahlreicher Fachbeiträge und des im Frühjahr 2016 im Verlag Franz Vahlen erschienenen Buches 3D-Druck, Additive Fertigung und Rapid Manufacturing. Er wurde 2013 in die Best Lawyers'® Liste für Informationstechnologie- und Medienrecht München aufgenommen (Copyright 2012 by Woodward/White, Inc., of Aiken, SC) und 2016 von Corporate LiveWire als „Elite IT Lawyer“ ausgezeichnet.

In der Informationstechnologie unterstützt er hauptsächlich mittelständische und börsennotierte Unternehmen, insbesondere in allen rechtlichen Fragestellungen des Cloud Computing, der Auslagerung von IT-Infrastrukturen und Geschäftsprozessen (Outsourcing), bei der Erstellung und Verhandlung von Projektverträgen sowie Service Level Agreements (SLA), bei dem Vertrieb und der Lizenzierung von Software, im IT-Asset Management sowie in Fragen der IT-Sicherheit und des Schutzes personenbezogener Daten.

Aufgrund der langjährigen Prozessvertretung einer der weltweit größten E-Commerce-Plattformen in zahlreichen Gerichtsverfahren und der Prozessvertretung weltweit bekannter Unternehmen aus verschiedenen Branchen verfügt Dr. Andreas Leupold über ein erhebliches Wissen und fundierte Praxiserfahrung bei der strategischen Prozessführung und Durchsetzung der Interessen seiner Mandanten.

Additive Fertigung verfügen, sollten zur Begrenzung der daraus resultierenden Produkthaftungsrisiken den gesamten Herstellungsprozess vom Eingang der Rohstoffe bis zur Endkontrolle des fertigen Erzeugnisses möglichst lückenlos dokumentieren, um im Schadensfall die Fehlerursache(n) eingrenzen zu können.

Verträge mit Dienstleistern und Zulieferern prüfen

Wird die Additive Fertigung auf Dienstleister ausgelagert, so sind diese sorgfältig auszuwählen und zu überwachen. Zur eigenen Entlastung sollten Auftraggeber in jedem Fall eine Qualitätssicherungsvereinbarung mit dem Auftragnehmer schließen, die genau regelt, welche Sorgfaltspflichten dieser einzuhalten hat und es dem Auftraggeber im Falle eines Verzögerungs ermöglicht, den Auftragnehmer in Regress zu nehmen. Da Zuliefererverträge diesen Anforderungen oft nicht gerecht werden, sollte vor einer Auslagerung der Produktion stets geprüft werden, wie die Verantwortlichkeiten im Innenverhältnis zwischen Auftraggeber und Zulieferer unter Berücksichtigung der eingesetzten Verfahren und Prozesse

geregelt werden müssen. Für die Additive Fertigung bestimmter Produkte wie etwa Arzneimittel und Medizinprodukte oder Flugzeugbauteile gelten zudem besondere gesetzliche Anforderungen, die sich auch in den Verträgen mit allen daran beteiligten Lieferanten niederschlagen müssen.

Rechtliche Aspekte von Anfang an berücksichtigen

Wer noch vor der Einführung der Additiven Fertigung in die Produktion steht oder erwägt, einen Dienstleister damit zu beauftragen, sollte in seine Planung auch die rechtliche Absicherung einbeziehen. Dabei geht es nicht nur darum, nicht gegen geltende Gesetze oder Richtlinien zu verstoßen, sondern auch und vor allem darum, die mit der Anwendung neuer Verfahren stets verbundenen Risiken zu ermitteln und sodann aktiv zu minimieren. Wird sie richtig eingesetzt, ist die Vertragsgestaltung mit Dienstleistern, Lieferanten und Zulieferern ein wirksames Werkzeug zur Absicherung des eigenen Geschäftsmodells.

■ www.leupold-legal.com

Firmenverzeichnis

1zu1	8, 9, 24	SLM	2, 34	Uni Erlangen	69
3D Systems	40, 49	SolidWorks	24	United Grinding	11
3dee	8	solukon	35, 42	University of California	69
addmanu	8	Soreq	69	VDI	70
Airbus	8	SpaceClaim	58	voxeljet	21, 46
AMLab	64	succus	8	Wacker	69
Ansys	11, 58	Takata	18	Westcam	8
Arburg	16, 76	The Cool Tool	8	WFL	61
Bibus	8, 40, 49	Trumpf	7, 32	WKNÖ	8
BLM	12	TU Berlin	8	z-prototyping	8, 48
Cadferm	11, 58	TU München	64	z-werkzeugbau	48
Canon	8	TU Wien	8	Zumtobel	48
Concept Laser	6, 12, 45, 71				
drawn	8				
ecoplus	8				
Edag	12				
ESA	8				
ESI	62, 66				
EVO-tech	28, 51, 56				
Festo	69				
FH OÖ	8				
FHW	8				
FIT	8				
FKM	6				
Formrise	8				
fotec	8				
Fraunhofer	64, 70				
GE Healthcare	8				
German RepRap	18, 41				
Hage	36, 59				
Hasenauer & Hesser	8				
igus	16				
Inocon	28				
inspire	11				
irpd	11				
Jell	23, 45				
Kegelman	6				
KIT	69				
Lehmann & Voss	69				
Leupold Legal	72				
LZN	12				
Materialise	66				
Mesago	9, 19				
Messe Erfurt	10, 33				
Messe Luzern	10, 43				
Metropolitan Museum of Art	22				
mosttech	2				
Museum Arbeitswelt Steyr	69				
Nabertherm	38				
Nafems	9, 66				
Payer	8				
Philips	69				
Profactor	69				
Proto Labs	22, 57				
Simplify3D	18				

Impressum

Medieninhaber

x-technik IT & Medien GmbH
Schöneringer Straße 48
A-4073 Wilhering
Tel. +43 7226-20569
Fax +43 7226-20569-20
magazin@x-technik.com

Geschäftsführer

Klaus Arnezeder

Chefredakteur

Georg Schöpf
georg.schoepf@x-technik.com

Team x-technik

Willi Brunner
Ing. Robert Fraunberger
Luzia Haunschmidt
Ing. Peter Kemptner
Christine Lausberger
Ing. Norbert Novotny
Melanie Rehl
Mag. Thomas Rohrauer
Mag. Mario Weber
Susanna Weleby

Grafik

Alexander Dornstauder

Titelbild: EVO-tech

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages, unter ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte haftet der Verlag nicht. Druckfehler und Irrtum vorbehalten!

Auflage: 10.000 Stück

Vorschau Ausgabe 3/Okttober

- Maschinen und Lösungen
- Dienstleister
- Software
- Finish/Nachbearbeitung
- Messe formnext

Anzeigenschluss: 11.10.2016

Erscheinungstermin: 28.10.2016

Bei Interesse:

magazin@x-technik.com oder
Tel. +43 7226-20569



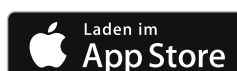
ADDITIVE FERTIGUNG.
Interaktiv neu erleben.

NEU, die GRATIS-APP für iOS™ und Android™



Jetzt downloaden auf

www.x-technik.com/app oder QR-Code scannen



IOS ist eine Marke von Cisco, die in den USA und weiteren Ländern eingetragen ist. Apple, das Apple Logo, iPad und iPhone sind Marken der Apple Inc., die in den USA und weiteren Ländern eingetragen sind. App Store ist eine Dienstleistungsmarke der Apple Inc. Android und Google Play sind eingetragene Marken von Google Inc.

x-technik

x-technik IT & Medien GmbH, Schöneringer Straße 48, A-4073 Wilhering,
Tel. +43 7226-20569, Fax +43 7226-20569-20, magazin@x-technik.com, www.x-technik.com

THE ART OF PRODUCTION EFFICIENCY



Creating freedom is an art: the freeformer revolutionises additive manufacturing. Highly flexible manufacturing of functional 3D products from qualified standard granulates without a mould – from one-off parts to small-volume batches. Freely formed by the Red Dot Award winner 2014. A unique perspective, worldwide!